Manual teórico-práctico
Schneider
Instalaciones en Baja Tensión

Volumen 5.1



Eunea
Merlín Gerín
Square D
Telemecanique

Schneider Electric

Manual teórico-práctico
Schneider

Contenido de la obra

		vol.
A	Presentación	1
B	Generalidades	
D	La acometida en BT	
E	La compensación de la energía reactiva	
F	La distribución en BT	
G	La protección contra los choques eléctricos	2
H1	Los circuitos y su dimensionado	
H2	La aparamenta de protección	
J	La aparamenta y sus aplicaciones particulares	3
K	El control energético de los edificios domésticos e industriales	4
L	Las instalaciones domésticas e industriales	5.1 y 5.2
M	La seguridad en las máquinas	
N	Las instalaciones de BT de gran intensidad: 1500 a 6000 A	

En preparación

1. Metodología

El estudio de una instalación eléctrica de BT, implica el total de los apartados de este manual, prácticamente en el mismo orden de su publicación.

A Presentación

B Generalidades

Para estudiar una instalación eléctrica, el conocimiento de la reglamentación y la normativa vigente es un paso previo imprescindible.

La forma de trabajo de los receptores (en régimen normal, al arranque, los factores de simultaneidad, etc.), su localización en las plantas del edificio y sus valores, permiten realizar un balance de las potencias instaladas, de la potencia total necesaria, de la potencia de contratación y analizar el tipo de contratación más adecuado.

D La acometida en BT

El tipo de acometida estará de acuerdo con el reglamento de BT, de las normas UNE y de las normas particulares de la empresa suministradora, que deberá informar del tipo de enganche y de las características técnicas de la energía en el punto de enganche, tensión nominal, fluctuación, intensidad de cortocircuito, previsión de paros por mantenimiento o por explotación, el tipo de red, etc.

E La compensación de la energía reactiva

La compensación de la energía reactiva se realizará o no, localmente, globalmente o de forma mixta en función de los resultados del estudio técnico económico correspondiente.

F La distribución en BT

La red de distribución se estudia en función de la situación de las cargas y sus prioridades. Así, el número y las características de las fuentes de seguridad y de las alimentaciones de emergencia se pueden definir.

El esquema de unión a tierra o régimen de neutro se elige en función de la reglamentación vigente, de las necesidades propias de la explotación y la naturaleza de los receptores.

La distribución, cuadros y canalizaciones, se determinan a partir de los planos del edificio, de la situación de las cargas y de su necesidad de agrupamiento.

La naturaleza de los locales y de su actividad condicionan el nivel de protección a los agentes externos.

G La protección contra los choques eléctricos

Según el tipo de régimen de neutro escogido, se determinará el tipo de protección contra los contactos directos e indirectos a instalar en la red, que pueden ser el TT, el TN o el IT.

Deberemos tener en cuenta las particularidades eventuales de los receptores, del ambiente (en el entorno y en el local) y del circuito de alimentación para cada caso.

H1 Los circuitos y su dimensionado

Es el momento de realizar el estudio detallado de los circuitos.

A partir de la intensidad de empleo de las cargas, de las corrientes de cortocircuito y del tipo de dispositivo de protección, podemos determinar la sección de una canalización teniendo en cuenta la influencia de su propia naturaleza y de su entorno inmediato.

Antes de considerar la sección calculada como definitiva, debemos comprobar que la caída de tensión es conforme a las normas, tanto en el régimen normal como en el transitorio (arranque de motores), y que las protecciones contra los choques eléctricos están aseguradas.

En esta posición podemos definir la corriente de cortocircuito en cada punto y verificar la capacidad térmica y electrodinámica de las conducciones.

Estas verificaciones pueden determinar modificaciones a los valores de las secciones de las conducciones definidas anteriormente.

H2 La aparamenta de protección

Una vez definas las canalizaciones y sus propiedades, podemos determinar las características de la aparamenta, en correspondencia a las cargas y las corrientes de cortocircuito, bajo conceptos de filiación y selectividad.

J La aparamenta y sus aplicaciones particulares

Estudiamos los siguientes elementos particulares:

Los que actúan sobre fuentes específicas, tales como los alternadores u onduladores.

Los que actúan sobre receptores específicos, tales como los condensadores, las cargas resistivas, el alumbrado o los transformadores de BT/BT.

Los que actúan sobre redes especiales, tales como la corriente continua.

K El control energético de los edificios domésticos e industriales

Para una racionalización de los consumos, las tarifas eléctricas y los términos de potencia.

L Las instalaciones domésticas e industriales

Los niveles de seguridad, referenciados en el reglamento, y las soluciones Schneider Electric con software de cálculo.

M La seguridad en las máquinas

La normativa específica de la CEE, los circuitos de potencia, los circuitos de maniobra, los microprocesadores y los fundamentos de la programación.

N Las instalaciones de BT de gran intensidad: 1500 a 6000 A

La problemática de la conducción en las grandes intensidades, las pérdidas peliculares y de proximidad, los esfuerzos electrodinámicos.

Las recomendaciones de la IEC y las soluciones Schneider Electric.

Índice volúmenes 5.1 y 5.2

L Las instalaciones domésticas e industriales

Características generales	**L/1**
Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad	**L/5**
Elección e instalación de materiales eléctricos	**L/77**
Prescripciones para los emplazamientos especiales	**L/165**
Prescripciones para el mantenimiento de la calidad	**L/251**
Instalaciones eléctricas de alumbrado	**L/261**
Instalaciones eléctricas en zonas con agua	**L/361**
Instalaciones eléctricas en viviendas	**L/467**
Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia	**L/745**
Instalaciones eléctricas en función de la actividad	**L/1675**
Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales	**L/1707**
Instalaciones eléctricas al aire libre	**L/1713**
Instalaciones eléctricas provisionales	**L/1773**

Metodología volúmenes 5.1 y 5.2

En el diagrama de la Fig. L-001 de la página siguiente encontraremos todos los pasos necesarios para realizar una instalación eléctrica en un edificio.

L1. Características generales

Exponemos los métodos de confección de un proyecto y realización de una instalación eléctrica.

L2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad

En el 2.º Volumen desarrollamos las medidas a tomar para garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas.

En el apartado L2. “Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad” pretendemos resumir los fundamentos tecnológicos necesarios para realizar las instalaciones eléctricas, de conformidad a IEC, CENELEC y UNE. Dotándolas de la seguridad que la tecnología actual nos ofrece.

L3. Elección e instalación de materiales eléctricos

A lo largo de los volúmenes 1, 2, 3 y 4 hemos expuesto la forma de elegir los diferentes materiales para las instalaciones eléctricas.

En el apartado L3. “Elección e instalación de materiales eléctricos” pretendemos resumir los fundamentos tecnológicos necesarios para elegir los materiales para realizar las instalaciones eléctricas, de conformidad a IEC, CENELEC y UNE. Dotándolas de la seguridad y avances que la tecnología actual nos ofrece.

L4. Prescripciones para los emplazamientos especiales

Los criterios tecnológicos expuestos de forma general sirven para todas las instalacione eléctricas de edificios, pero existen situaciones particulares que necesitan una mayor concreción para mantener una buena seguridad y funcionamiento.

Hemos realizado una exposición de las características particulares, agrupándolas en grupos con características coincidentes.

Las características expuestas derivan de las normas IEC y UNE. Para poder atender las prescripciones normativas, debemos consultar las normas actualizadas.

Instalaciones eléctricas de alumbrado

4.1. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de alumbrado exterior:

■ Instalaciones eléctricas en edificios. Instalaciones de alumbrado exterior:

□ IEC 60364-7-714.

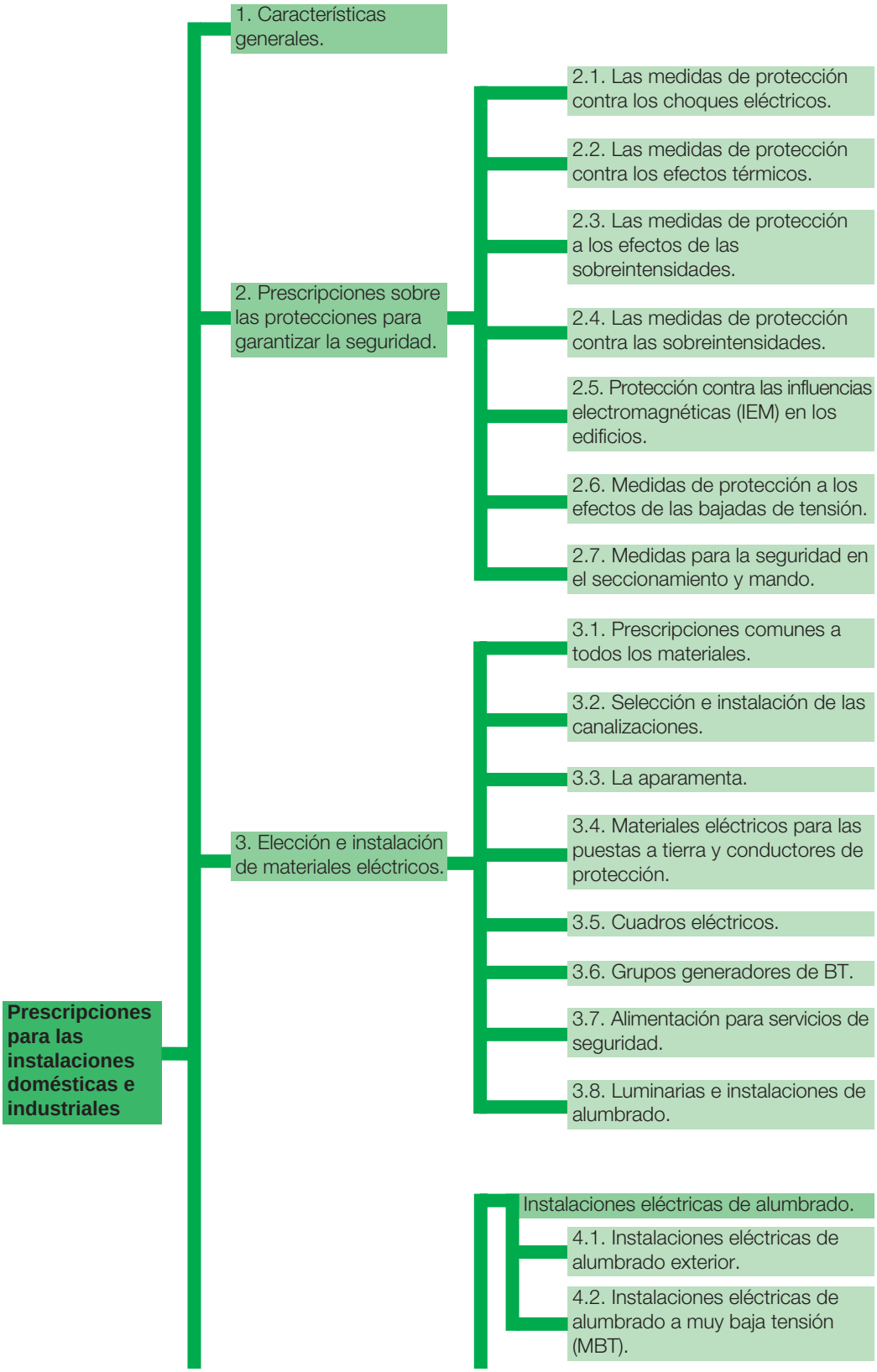
□ UNE 20460-7-714.

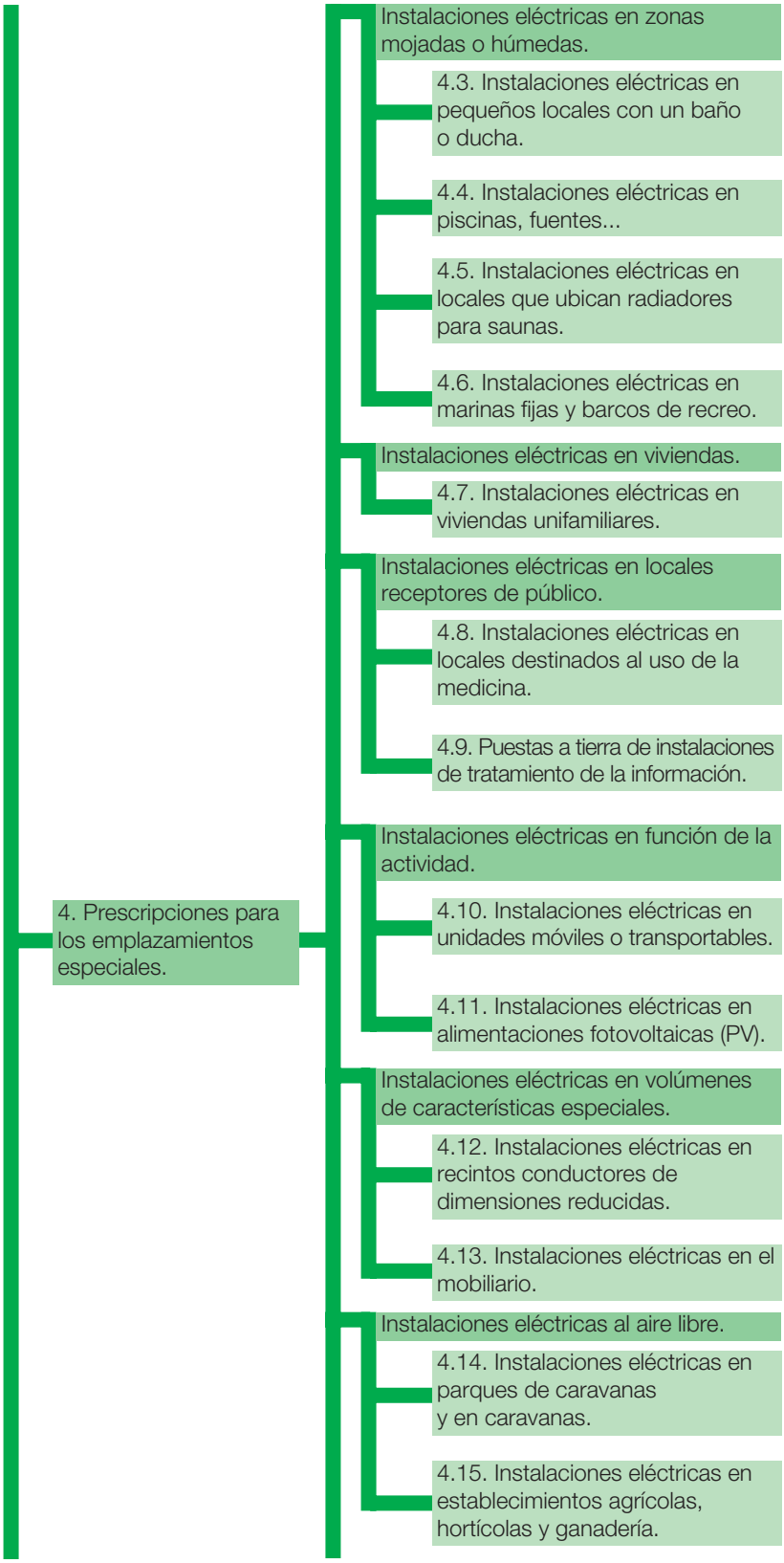
4.2. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS):

■ Instalaciones eléctricas en edificios. Instalaciones de alumbrado a muy baja tensión:

□ IEC 60364-7-715.

□ UNE 20460-7-715.


Prescripciones para las instalaciones domésticas e industriales
1. Características generales.
2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad.
2.1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos.
2.2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos.
2.3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades.
2.4. Las medidas de protección contra las sobreintensidades.
2.5. Protección contra las influencias electromagnéticas (IEM) en los edificios.
2.6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
2.7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando.
3. Elección e instalación de materiales eléctricos.
3.1. Prescripciones comunes a todos los materiales.
3.2. Selección e instalación de las canalizaciones.
3.3. La aparamenta.
3.4. Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección.
3.5. Cuadros eléctricos.
3.6. Grupos generadores de BT.
3.7. Alimentación para servicios de seguridad.
3.8. Luminarias e instalaciones de alumbrado.
Instalaciones eléctricas de alumbrado.
4.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado exterior.
4.2. Instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión (MBT).


4. Prescripciones para los emplazamientos especiales.
Instalaciones eléctricas en zonas mojadas o húmedas.
4.3. Instalaciones eléctricas en pequeños locales con un baño o ducha.
4.4. Instalaciones eléctricas en piscinas, fuentes...
4.5. Instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas.
4.6. Instalaciones eléctricas en marinas fijas y barcos de recreo.
Instalaciones eléctricas en viviendas.
4.7. Instalaciones eléctricas en viviendas unifamiliares.
Instalaciones eléctricas en locales receptores de público.
4.8. Instalaciones eléctricas en locales destinados al uso de la medicina.
4.9. Puestas a tierra de instalaciones de tratamiento de la información.
Instalaciones eléctricas en función de la actividad.
4.10. Instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables.
4.11. Instalaciones eléctricas en alimentaciones fotovoltaicas (PV).
Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales.
4.12. Instalaciones eléctricas en recintos conductores de dimensiones reducidas.
4.13. Instalaciones eléctricas en el mobiliario.
Instalaciones eléctricas al aire libre.
4.14. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas.
4.15. Instalaciones eléctricas en establecimientos agrícolas, hortícolas y ganadería.

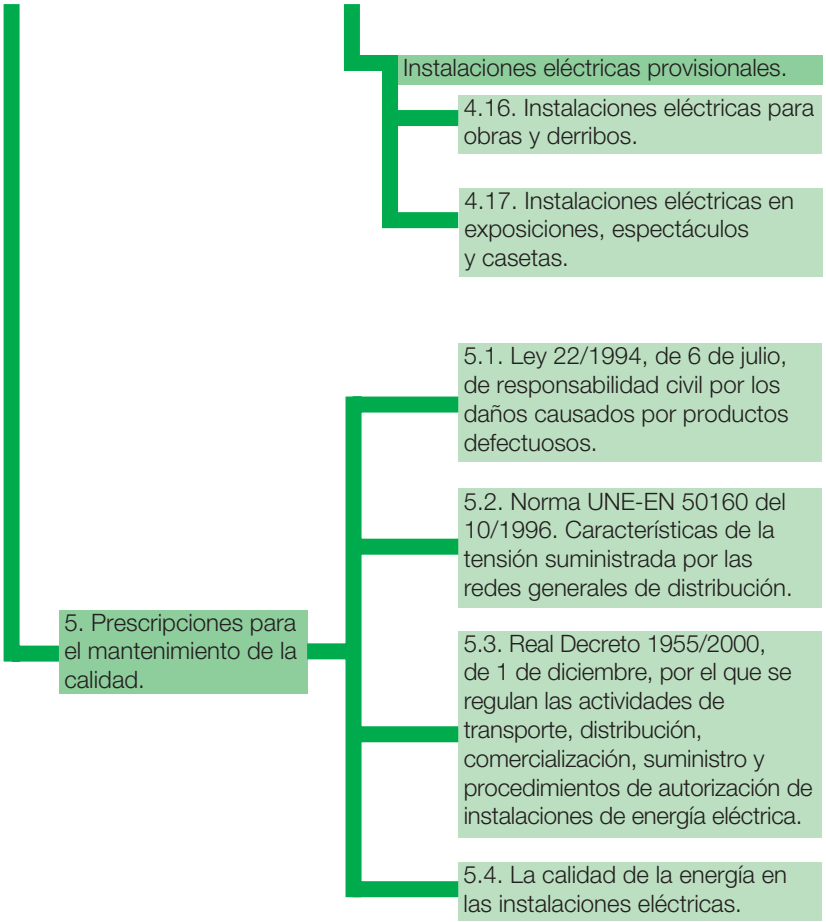


Fig. L-001: *diagrama esquemático de las consideraciones para realizar una instalación eléctrica en un edificio.*

Instalaciones eléctricas en zonas mojadas o húmedas

4.3. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales con un baño o una ducha:

■ Instalaciones eléctricas en edificios. Locales con una bañera o ducha:

□ IEC 60364-7-701.

□ UNE 20460-7-701.

4.4. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes:

■ Instalaciones eléctricas en edificios. Piscinas y fuentes:

□ IEC 60364-7-702.

□ UNE 20460-7-702.

4.5. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas:

■ Instalaciones eléctricas en edificios. Locales que contienen radiadores para saunas:

□ IEC 60364-7-703.

□ UNE 20460-7-703.

4.6. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en marinas fijas y barcos de recreo:

■ Instalaciones eléctricas en edificios. Marinas y barcos de recreo:

□ IEC 60364-7-709.

□ UNE 20460-7-709.

Instalaciones eléctricas en viviendas

4.7. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en viviendas:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Viviendas unifamiliares:
□ IEC.
□ UNE 202001.

Instalaciones eléctricas en locales receptores de público

4.8. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales destinados al uso médico:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Locales de uso médico.
□ IEC 60364-7-710.
□ UNE 20460-7-710.
4.9. Prescripciones particulares para las puestas a tierra de instalaciones de materiales de tratamiento de la información:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Puestas a tierra de las instalaciones en equipos de procesos de datos:
□ IEC 60364-7-707.
□ UNE 20460-7-707.

Instalaciones eléctricas en función de la actividad

4.10. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Unidades móviles o transportables:
□ IEC 60364-7-717.
□ UNE 20460-7-71.
4.11. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV):
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Alimentaciones fotovoltaicas (PV):
□ IEC 60364-7-712.
□ UNE 20460-7-712.

Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

4.12. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en recintos reducidos y conductores:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Recintos conductores de dimensiones reducidas:
□ IEC 60364-7-706.
□ UNE 20460-7-706.
4.13. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en el mobiliario:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Muebles:
□ IEC 60364-7-713.
□ UNE 20460-7-713.

Instalaciones eléctricas al aire libre

4.14. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas:
□ IEC 60364-7-708.
□ UNE 20460-7-708.
4.15. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en granjas, zonas agrícolas u hortícolas:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Instalaciones eléctricas en establecimientos agrícolas y hortícolas:
□ IEC 60364-7-705.
□ UNE 20460-7-705.

Instalaciones eléctricas provisionales

4.16. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en obras y derribos:
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Instalaciones para obras, incluidos los derribos:
□ IEC 60364-7-704.
□ UNE 20460-7-704.
4.17. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en exposiciones, espectáculos y casetas (de exhibición o de feria):
■ Instalaciones eléctricas en edificios. Exposiciones, espectáculos y stands:
□ IEC 60364-7-711.
□ UNE 20460-7-711.

L5. Prescripciones para el mantenimiento de la calidad

Para el mantenimiento de la calidad en el suministro de energía eléctrica tenemos dos factores principales que afectan al sistema: la parte legal y la tecnológica.

La parte legal

Derivamos de una ley que nace de una Directiva Europea. Ley 22/1994, de 6 de julio, de responsabilidad civil por los daños causados por productos defectuosos. En ella se considera la electricidad como producto.

Artículo 2. Concepto legal de producto.
1. ----------
2. Se consideran producto el gas y la electricidad.

Artículo 11. Límite total de la responsabilidad.
En el régimen de responsabilidad previsto en esta Ley, la responsabilidad civil global del fabricante o importador por muerte y lesiones personales causadas por productos idénticos que presenten el mismo defecto tendrá como límite la cuantía de 63.106.270,96 €.

Disposición adicional única. Responsabilidad del suministrador.
El suministrador del producto defectuoso responderá, como si fuera el fabricante o el importador, cuando haya suministrado el producto a sabiendas de la existencia del defecto. En este caso, el suministrador podrá ejercitar la acción de repetición contra el fabricante o importador.

La Ley es mucho más extensa pero estos artículos y disposiciones nos permiten definir el juego.
El responsable de una instalación eléctrica es el instalador, y subsidiarios son los:
■ Fabricantes de los productos, cuya responsabilidad llega hasta el cumplimiento de las normativas para la construcción, homologación y verificación de los mismos.
■ Fabricante y distribuidor de la energía cuya responsabilidad llega hasta el cumplimiento de la norma europea y española “Norma UNE-EN 50160 del 10/1996. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución” y el “Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica”. El Real Decreto desarrolla el marco normativo derivado de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico.

La parte tecnológica

El instalador y proyectista pueden apoyarse en este manual para conocer el espíritu de la normativa mundial europea y española y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002, que definen las reglas del buen hacer.

L6. Las herramientas que Schneider Electric España ofrece para el proyecto, cálculo y realización de las instalaciones eléctricas

Schneider Electric ha realizado una gran inversión para poder "Construir un nuevo mundo eléctrico" y poder ofrecer esta obra a todos los interesados en el tema.

La obra llega hasta la tecnología consolidada en el momento, y abre puertas para la orientación de las tecnologías de futuro, que se están amasando para poder ser consolidadas. Por ejemplo la tasa de fallo.

A tal fin desarrollaremos una serie de ejemplos para poder hacer aflorar las reglas del buen hacer:

L6.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado

6.1.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado exterior.
6.1.2. Instalaciones eléctricas de alumbrado en locales de baja tensión para elementos de media tensión.
6.1.3. Instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS).
6.1.4. Consideraciones generales sobre las instalaciones para alumbrado.

L6.2. Instalaciones eléctricas en zonas con agua

6.2.1. Generalidades.
6.2.2. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3).
6.2.3. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar parcialmente mojado o húmedo (BB2).
6.2.4. Instalaciones eléctricas, frigoríficas termodinámicas.
6.2.5. Instalaciones eléctricas en puertos, marinas y barcos de recreo.

L6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas

6.3.1. Instalaciones eléctricas en viviendas individuales.

L6.4. Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia

6.4.1. Proceso de concepción de la arquitectura de una red de suministro eléctrico, bajo el concepto de seguridad.
6.4.2. Proceso de concepción del alumbrado y del alumbrado de seguridad.
6.4.3. Proceso de concepción de la arquitectura de una Infraestructura Común de Telecomunicaciones, bajo el concepto de seguridad.
6.4.4. La instalación para la energía eléctrica, en un bloque de oficinas y locales comerciales, con tres plantas de sótanos para aparcamientos y servicios generales.
6.4.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad.
6.4.6. Instalaciones eléctricas en locales destinados al uso de la medicina.

L6.5. Instalaciones eléctricas en función de la actividad

6.5.1. Instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables.
6.5.2. Instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV).

L6.6. Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

6.6.1. Instalaciones eléctricas en elementos de mobiliario (muebles).

L6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

6.7.1. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas.
6.7.2. Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas.

L6.8. Instalaciones eléctricas provisionales

6.8.1. Instalaciones eléctricas en obras.
6.8.2. Instalaciones eléctricas en exposiciones y stands.

Capítulo L
Las instalaciones domésticas e industriales



Las instalaciones domésticas e industriales

Schneider Electric ofrece en esta obra las herramientas para el proyecto, cálculo y realización de las instalaciones eléctricas a todos los interesados en el tema. Resumiendo las prescripciones para garantizar la seguridad y los fundamentos tecnológicos de conformidad a IEC, CENELEC y UNE.

Los criterios tecnológicos expuestos de forma general sirven para todas las instalaciones eléctricas de edificios tanto domésticos como industriales, pero existen situaciones particulares que necesitan una mayor concreción para mantener una buena seguridad y funcionamiento.

Se ha realizado una exposición de las características particulares, agrupándolas en apartados con características coincidentes.

Las características expuestas derivan de las normas IEC y UNE. Para poder atender las prescripciones formativas debemos consultar las normas actualizadas.

Para el mantenimiento de la calidad de suministro de energía eléctrica tenemos dos factores principales que afectan al sistema: la parte legal y la tecnológica.

La obra llega hasta la tecnología consolidada en el momento, y abre las puertas para la orientación de las tecnologías de futuro, que están iniciando su proceso de consolidación. Por ejemplo la tasa de fallo.

A tal fin desarrollaremos una serie de ejemplos para poder hacer aflorar las “reglas del buen hacer”.

Indice

Las instalaciones domésticas e industriales

1. Características generales

La utilización prevista de la instalación, su estructura general y sus alimentaciones L/1

Las influencias externas a las que la instalación está sometida L/2

La compatibilidad de sus materiales L/2

Las verificaciones L/3

2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad

Protecciones para garantizar la seguridad L/10

2.1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos L/11
- 2.1.1. Protecciones contra los contactos directos y los contactos indirectos L/12
- 2.1.2. Protección contra los choques eléctricos en servicio normal L/14
- 2.1.3. Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto L/17
- 2.1.4. Coordinación de los materiales eléctricos y de medidas de protección con la instalación eléctrica L/30
- 2.1.5. Condiciones particulares de funcionamiento L/33
- 2.1.6. Aplicación de medidas de protección para garantizar la seguridad L/35
- 2.1.7. Elección de las medidas de protección en función de las influencias externas L/37

2.2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos L/40
- Regla fundamental de la protección contra los efectos térmicos L/40
- Elección de las medidas de protección contra incendios en función de las medidas externas L/41

2.3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/45
- Regla fundamental de las protecciones contra las sobreintensidades L/45
- Naturaleza de los dispositivos de protección L/46
- Protección contra las corrientes de sobrecarga L/47
- Protección contra las corrientes de cortocircuito L/47
- Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos L/49
- Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación L/49
- Aparamenta de protección, seccionamiento y mando L/50
- Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades L/51

L

2.4. Las medidas de protección contra las sobretensiones L/59
2.4.1. Medidas de protección de las instalaciones de BT contra los defectos a tierra de las instalaciones de AT/MT . L/59
2.4.2. Medidas de protección contra las sobretensiones de origen atmosférico L/65

2.5. Protección contra las interferencias electromagnéticas (CEM) en los edificios L/68

2.6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/72
Prescripciones generales L/72

2.7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando L/73

3. Elección e instalación de materiales eléctricos

3.1. Prescripciones comunes a todos los materiales L/84
Conformidad a las normas L/84
Condiciones de servicio e influencias externas L/84
Grupo de las influencias externas L/93
Interdependencia de la temperatura con la humedad relativa y la humedad absoluta del aire L/94
Clasificación de las condiciones macroambientales L/95
Accesibilidad L/95
Identificación L/95
Independencia de los materiales L/96

3.2. Selección e instalación de las canalizaciones L/97
Tipos de canalizaciones L/97
Canalizaciones prefabricadas L/98
Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas L/99
Corrientes admisibles L/102
Dimensiones de los cables L/102
Métodos de instalación L/103
Intensidades admisibles L/109
Presentación simplificada de las tablas de intensidades admisibles L/112
Factores de corrección L/114
Intensidades en cables subterráneos L/116
Caída de tensión en las instalaciones L/119
Conexiones eléctricas L/119
Selección e instalación para limitar la propagación del fuego L/120
Proximidad con otras canalizaciones L/122
Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza L/122
Temperaturas máximas de los bornes en condiciones normales de servicio L/123

3.3. La aparamenta L/125
3.3.1. Disposiciones comunes a toda la aparamenta L/125
3.3.2. Dispositivos de protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación L/125

3.3.3. Dispositivos de protección contra los efectos térmicos L/127
3.3.4. Dispositivos de protección contra sobreintensidades L/127
3.3.5. Dispositivos de protección contra las sobretensiones L/129
3.3.6. Dispositivos de protección contra las bajadas de tensión L/132
3.3.7. Dispositivos de seccionamiento y mando L/132
3.3.8. Coordinación entre los diferentes dispositivos de protección L/135

3.4. Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección L/137
3.4.1. Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de tipo general L/137
3.4.2. Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de materiales de tratamiento de la información L/144

3.5. Cuadros eléctricos L/151
Informaciones que debemos considerar en la elección del producto L/151
Selección e instalación de los cuadros en función de las influencias externas L/152
Condiciones especiales de empleo L/155
Condiciones durante el transporte, almacenamiento y montaje en obra L/156
Corrientes admisibles L/156
Calentamientos L/156

3.6. Grupos generadores de BT L/157

3.7. Alimentación para los servicios de seguridad L/162

3.8. Luminarias e instalaciones de alumbrado L/163

4. Prescripciones para los emplazamientos especiales

Presentación L/165

Instalaciones eléctricas de alumbrado L/167

4.1. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de alumbrado exterior L/167
4.1.1. Conceptos L/167
4.1.2. Determinación de las características generales L/167
4.1.3. Protección por asegurar la seguridad L/168
4.1.4. Elección e instalación de materiales eléctricos L/169

4.2. Prescripciones eléctricas para instalaciones de alumbrado a muy baja tensión (MBT) L/169
4.2.1. Conceptos L/169
4.2.2. Protección para garantizar la seguridad L/170
4.2.3. Aplicación de las medidas de proteción para asegurar la seguridad L/170
4.2.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/171

L

Instalaciones eléctricas en zonas mojadas o húmedas L/173

4.3. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales con un baño o una ducha L/173
4.3.1. Conceptos L/173
4.3.2. Protección para asegurar la seguridad L/175
4.3.3. Elección e instalación de materiales eléctricos L/176

4.4. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes L/177
4.4.1. Conceptos L/177
4.4.2. Determinación de las características generales L/177
4.4.3. Protección para asegurar la seguridad L/181
4.4.4. Aplicación de las medidas de protección para asegurar la seguridad L/182
4.4.5. Elección y puesta en servicio de los materiales eléctricos L/183

4.5. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas L/187
4.5.1. Conceptos L/187
4.5.2. Protección para garantizar la seguridad L/187
4.5.3. Aplicación de las medidas de protección para asegurar la seguridad L/187
4.5.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/187

4.6. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en marinas fijas y barcos de recreo L/189
4.6.1. Conceptos L/189
4.6.2. Determinación de las características generales L/190
4.6.3. Protección para asegurar la seguridad L/190
4.6.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/192

Instalaciones eléctricas en viviendas L/199

4.7. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en viviendas L/199

Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia L/199

4.8. Prescripciones eléctricas para instalaciones en locales destinados al uso médico L/199
4.8.1. Conceptos L/199
4.8.2. Determinación de las características generales L/200
4.8.3. Protección para garantizar la seguridad L/203
4.8.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/205

4.9. Prescripciones para las puestas a tierra de instalaciones de materiales de tratamiento de la información L/212
4.9.1. Conceptos L/212
4.9.2. Protección para asegurar la seguridad L/213
4.9.3. Elección e instalación de materiales eléctricos L/215

Instalaciones eléctricas en función de la actividad L/216

4.10. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables L/216
4.10.1. Conceptos L/216
4.10.2. La distribución L/216
4.10.3. Protecciones contra los choques eléctricos L/221
4.10.4. Protección contra los contactos indirectos L/222
4.10.5. Prescripciones de protección contra las sobreintensidades L/223
4.10.6. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/223

4.11. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV) L/224
4.11.1. Definiciones L/224
4.11.2. Protecciones para asegurar la seguridad L/227
4.11.3. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/228

Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales L/229

4.12. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en recintos reducidos y conductores L/229
4.12.1. Conceptos L/229
4.12.2. Protección para garantizar la seguridad L/229
4.12.3. Aplicación de las medidas de protección para asegurar la seguridad L/229

4.13. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en el mobiliario L/231
4.13.1. Conceptos L/231
4.13.2. Elección e instalación de materiales eléctricos L/231

Instalaciones eléctricas al aire libre L/232

4.14. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas L/232
4.14.1. Conceptos L/232
4.14.2. Protección para garantizar la seguridad L/233
4.14.3. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/234

4.15. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en granjas, zonas agrícolas u hortícolas L/240
4.15.1. Conceptos L/240
4.15.2. Protección para garantizar la seguridad L/240
4.15.3. Elección e instalación de los materiales L/241

Instalaciones eléctricas provisionales L/242

4.16. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en obras y derribos L/241
4.16.1. Conceptos L/241
4.16.2. Determinación de las características generales L/242
4.16.3. Protección para garantizar la seguridad L/242
4.16.4. Elección e instalación de los materiales L/242

4.17. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en exposiciones, espectáculos y casetas (de exhibición o de feria) L/243
4.17.1. Conceptos L/243
4.17.2. Determinación de las características generales L/244
4.17.3. Protección para asegurar la seguridad L/244
4.17.4. Aplicación de las medidas de protección para garantizar la seguridad L/245
4.17.5. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/246

5. Prescripciones para el mantenimiento de la calidad

5.1. Ver la Ley 22/1994, de 6 de julio, de responsabilidad civil por los daños causados por productos defectuosos L/251

5.2. Características básicas de la tensión suministrada por redes generales de distribución L/251

5.3. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica L/260

5.4. La calidad de la energía en las instalaciones eléctricas L/260

6.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado

6.1.1. Instalaciones elécticas de alumbrado exterior L/261
6.1.1.1. Conceptos generales en el alumbrado exterior L/261
6.1.1.2. Medidas de protección para garantizar la seguridad . L/281
6.1.1.3. Medidas de protección contra los efectos térmicos .. L/295
6.1.1.4. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/295
6.1.1.5. Medidas de protección contra las sobretensiones L/295
6.1.1.6. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/295
6.1.1.7. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/296
6.1.1.8. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/296
6.1.1.9. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/297
6.1.1.10. Ejemplo de alumbrado de un espacio exterior L/298

6.1.2. Instalaciones eléctricas de alumbrado en locales de baja tensión para elementos de alta tensión L/317
6.1.2.1. Generalidades L/318
6.1.2.2. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/323
6.1.2.3. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/328
6.1.2.4. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/329
6.1.2.5. Medidas de protección contra las sobretensiones L/332

6.1.2.6. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/332
6.1.2.7. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/332
6.1.2.8. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/333
6.1.2.9. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/336

6.1.3. Instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS) L/337
6.1.3.1. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/340
6.1.3.2. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/341
6.1.3.3. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/341
6.1.3.4. Medidas de protección contra las sobretensiones L/343
6.1.3.5. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/343
6.1.3.6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/343
6.1.3.7. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/343
6.1.3.8. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/344

6.1.4. Consideraciones generales sobre las instalaciones para alumbrado L/346

6.2. Instalaciones eléctricas en zonas con agua

6.2.1. Generalidades L/361

6.2.2. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3) L/362
6.2.2.1. Consideraciones de los volúmenes afectados por instrucciones de seguridad L/362
6.2.2.2. Elección de los materiales a instalar en los diferentes volúmenes L/374
6.2.2.3. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/393
6.2.2.4. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/396
6.2.2.5. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/397
6.2.2.6. Medidas de protección contra las sobretensiones L/397
6.2.2.7. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/397
6.2.2.8. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/397
6.2.2.9. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/398
6.2.2.10. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/398

L

6.2.3. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar parcialmente mojado o húmedo (BB2) L/400
6.2.3.1. Consideraciones de los posibles casos L/400
6.2.3.2. Elección de los materiales a instalar en los locales húmedos y mojados L/403
6.2.3.3. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/405
6.2.3.4. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/410
6.2.3.5. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/411
6.2.3.6. Medidas de protección contra las sobretensiones L/411
6.2.3.7. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/411
6.2.3.8. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/412
6.2.3.9. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/412
6.2.3.10. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/413

6.2.4. Instalaciones eléctricas, frigoríficas termodinámicas L/414
6.2.4.1. Campo de aplicación L/414
6.2.4.2. Condiciones de empleo de los fluidos frigoríficos L/416
6.2.4.3. Criterios de seguridad en las cámaras frigoríficas, las cámaras de climatización y los túneles de congelación L/416
6.2.4.4. Elección de materiales para instalaciones frigoríficas con gases no explosivos L/422
6.2.4.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/424
6.2.4.6. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/426
6.2.4.7. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/427
6.2.4.8. Medidas de protección contra las sobretensiones L/428
6.2.4.9. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/428
6.2.4.10. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/428
6.2.4.11. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/429
6.2.4.12. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/429

6.2.5. Instalaciones eléctricas en puertos marinas y barcos de recreo L/430
6.2.5.1. Campo de aplicación L/431
6.2.5.2. Alimentaciones y circuitos L/432
6.2.5.3. Elección de materiales para instalaciones en marinas y barcos de recreo L/434
6.2.5.4. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/439
6.2.5.5. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/442

6.2.5.6. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/443
6.2.5.7. Medidas de protección contra las sobretensiones L/443
6.2.5.8. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/443
6.2.5.9. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/443
6.2.5.10. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/444
6.2.5.11. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/445

6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas

6.3.1. Instalaciones eléctricas en viviendas individuales L/467
6.3.1.1. Los puntos importantes de una instalación eléctrica L/467
6.3.1.2. Las previsiones de instalación en viviendas individuales L/468
6.3.1.3. Electrificación básica L/485
6.3.1.4. Electrificación elevada L/521
6.3.1.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad L/617
6.3.1.6. Medidas de protección contra los efectos térmicos L/647
6.3.1.7. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades L/648
6.3.1.8. Medidas de protección contra las sobretensiones L/648
6.3.1.9. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas L/649
6.3.1.10. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión L/649
6.3.1.11. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando L/649
6.3.1.12. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía L/649

6.4. Instalaciones en locales de pública concurrencia

En volumen 5.2 página L/745.

6.5. Instalaciones eléctricas en función de la actividad

En volumen 5.2 página L/1675.

6.6. Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

En volumen 5.2 página L/1707.

6.7. Instalaciones eléctricas al aire libre

En volumen 5.2 página L/1713.

6.8. Instalaciones eléctricas provisionales

En volumen 5.2 página L/1773.

L

Tablas

2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad

L2-003: tiempos máximos de interrupción de las protecciones al segundo defecto en esquema IT L/23
L2-004: tensiones nominales y tiempos de interrupción máximos en el esquema TN L/24
L2-005: coordinación de materiales L/33
L2-009: tiempos de corte en función de las tensiones nominales L/39
L2-010: temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto L/45
L2-011: valores para el cálculo del factor k, en función del conductor L/50
L2-012: valores para el cálculo del factor k, en función del aislante L/50
L2-014: protecciones contra las sobreintensidades en los diferentes circuitos, fases y neutros L/59
L2-015: tabla de solicitaciones de aislamiento mínimas en redes de BT L/59
L2-026: tensiones asignadas a la resistencia a los choques eléctricos, prescritas para los materiales L/67

3. Elección e instalación de materiales eléctricos

L3-001: características prescritas para la elección de los materiales en función de las influencias externas L/93
L3-002: tabla abreviada de las influencias externas. L/93
L3-003: interrelación de la temperatura (en valor máximo en función de la humedad relativa) con la humedad relativa (en valor límite) L/94
L3-004: clasificación de las condiciones mecánicas L/94
L3-006: clasificación de las condiciones macroambientales. L/95
L3-007: sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los conductores. L/98
L3-008: sistemas de instalación de las canalizaciones en función de su situación L/98
L3-009: temperatura máxima de trabajo según el tipo de aislamiento L/102
L3-010: métodos de referencia L/105
L3-011: métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1) L/109
L3-012: corrientes admisibles en amperios, en función de los métodos de instalación y el aislamiento L/112
L3-013: intensidades admisibles en (A) en función del número de conductores en carga y el aislamiento para una temperatura ambiente de 40 ºC L/114
L3-014: factores de corrección en función de la temperatura ambiente L/114
L3-015: factores de reducción, sobre los valores de la tabla L3-013, para agrupamientos de varios circuitos L/115
L3-016: factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método E de la tabla L3-013 (52-C20 de la IEC al aire libre L/115

L3-017: factores de corrección por agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método F de la tabla L3-013 (52-C20 de la IEC) al aire libre L/116
L3-018: intensidades máximas admisibles en amperios, para conductores enterrados directamente, según UNE 20460-94/5-523 ..... L/117
L3-019: factores de corrección para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados L/117
L3-020: factores de corrección por el agrupamiento de varios cables enterrados directamente L/117
L3-021: factores de corrección por el agrupamiento de varios cables instalados en tubos y enterrados L/118
L3-022: secciones mínimas de los conductores L/119
L3-027: tensiones soportadas de choque en función de la tensión nominal L/133
L3-028: secciones mínimas de los conductores de tierra L/138
L3-029: valores para la determinación del factor k L/139
L3-030: valores del factor k para unos conductores L/140
L3-031: valores del coeficiente k para conductores desnudos L/140
L3-032: relación de secciones de los conductores de fase y de protección L/140
L3-037: factor de simultaneidad aplicable a los cuadros eléctricos .. L/156
L3-038: calentamientos máximos L/157

4. Prescripciones para los emplazamientos especiales
L4-010: medidas de protección en función de los volúmenes L/186
L4-011: elección e instalación de los materiales en función de los volúmenes L/187
L4-020: clasificación por el tiempo de corte de las alimentaciones de seguridad L/208
L4-021: relación de la clasificación de los locales de uso médico con las necesidades de alimentación (tiempos máximos de paro) L/209
L4-033: normas implicadas en la instalación de parques de caravanas y caravanas L/239

5. Prescripciones para el mantenimiento de la calidad
L5-001: valores de las tensiones armónicas en los puntos de conexión permitidos L/259

6.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado
L6.1-001: características de los transformadores de potencia L/267
L6.1-002: corrientes de cortocircuito de los transformadores de potencia en paralelo L/267
L6.1-013: resumen de las posibilidades de distribución y alimentación del alumbrado exterior descritas en este manual L/276
L6.1-023: relación del régimen de neutro con las posibles soluciones L/288
L6.1-030: tabla resumen de las medidas de protección contra los contactos indirectos en las instalaciones de alumbrado público a baja tensión L/294
L6.1-037: valores de los cálculos de las líneas de distribución L/315
L6.1-042: longitudes máximas de las conexiones de las lámparas a los transformadores, en función de la tensión de empleo y la naturaleza de la lámpara L/320

L

L6.1-050: tabla de recapitulación de las medidas de protección contra los contactos directos L/326
L6.1-053: distancia en el aire y líneas de fuga en mm L/328
L6.1-054: distancia en el aire y líneas de fuga en mm para valores de 5 y 10 kV L/329
L6.1-058: relación de las intensidades asignadas a las protecciones y potencias máximas de los transformadores protegidos L/331
L6.1-059: valores de las distancias máximas entre el dispositivo de protección y los transformadores a proteger, en función de la intensidad asignada del dispositivo de protección y la sección del conductor de alimentación del transformador, partiendo de una tensión de alimentación monofásica a 230 V L/331
L6.1-064: valores de los diferentes tipos de fuentes de alumbrado a MBTF L/339

6.2. Instalaciones eléctricas en zonas con agua
L6.2-019: resumen de características de las protecciones y los circuitos L/391
L6.2-033: características de los materiales a instalar en instalaciones frigoríficas con gases no inflamables L/423

6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas
F6.3-009: pares de apriete de los bornes L/472
L6.3-021: cargas de la vivienda L/487
L6.3-059: posibles cargas de la vivienda de electrificación elevada L/531
L6.3-127: consumos en agua sanitaria en una vivienda por actividad L/599
L6.3-141: características de los tubos de protección de las acometidas L/620
L6.3-147: posibilidades de instalación en los volúmenes considerados en los baños según la ITC-BT-27 ..... L/624

Figuras

L-001: diagrama esquemático de las consideraciones para realizar una instalación eléctrica en un edificio 12

2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad

L2-001: diagrama de las prescripciones para garantizar la seguridad L/11
L2-002: volumen de accesibilidad L/16
L2-006: pasillos de servicio y de mantenimiento en las instalaciones con protección por medio de obstáculos L/38
L2-007: pasillos de servicio y de mantenimiento en las instalaciones con partes activas a un solo lado del pasillo sin protección L/38
L2-008: pasillos de servicio y de mantenimiento en las instalaciones con partes activas a los dos lados del pasillo sin protección L/39
L2-013: protección contra cortocircuitos de los conductores en paralelo, situaciones en caso de defecto L/55
L2-016: esquema TT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador L/61
L2-017: esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la masa del transformador L/61
L2-018: esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador y de las masas de la red de BT L/62
L2-019: esquema IT masa del transformador y del circuito de BT conectadas a una toma de tierra diferente a la del neutro de la instalación L/62
L2-020: esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas de la red de BT y otra toma para las masas del transformador L/62
L2-021: esquema IT masa del transformador conectada a una toma de tierra diferente a la del neutro y a las masas de la red de BT. Neutro conectado a tierra a través de una impedancia L/62
L2-022: esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas del transformador, a través de una impedancia L/63
L2-023: esquema TN neutro conectado a la toma de tierra de la masa del transformador L/63
L2-024: esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la de las masas del transformador L/64
L2-025: duración máxima de la tensión Uf debida a un defecto en la instalación de AT/MT L/65
L2-027: medidas contra los efectos de la CEM en un edificio existente L/69
L2-028: vista general de un sistema de puesta a tierra del edificio L/70
L2-029: esquema TN- en un edificio L/71
L2-030: esquema TN-C-S en un edificio L/71
L2-031: esquema TN-S en un edificio L/71
L2-032: esquema TN-C-S en un edificio L/71
L2-033: protección de conducciones metálicas o armadas de un edificio L/72

L

3. Elección e instalación de materiales eléctricos

L3-005: espectros de respuesta máxima a los choques de primer orden L/95
L3-023: instalación de descargadores de sobretensiones en régimen TT con descargadores de sobretensión y DDR aguas abajo L/130
L3-024: instalación de descargadores de sobretensiones en régimen TT con descargadores de sobretensión y DDR aguas arriba L/130
L3-025: instalación de descargadores de sobretensiones en régimen TN L/131
L3-026: instalación de descargadores de sobretensiones en régimen IT con descargadores de sobretensión aguas abajo de un DDR L/131
L3-033: eliminación de las corrientes de desequilibrio y defecto del conductor de protección con un sistema separado L/145
L3-034: esquema correspondiente al método 1. Conductores de protección en estrella L/146
L3-035: esquema correspondiente al método 2. Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado) L/147
L3-036: esquema correspondiente al método 3. Sistemas equipotencial horizontal y vertical L/147

4. Prescripciones para los emplazamientos especiales

L4-001: volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con bañeras L/174
L4-002: volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con platos de ducha L/174
L4-003: volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con ducha sin plato, a partir del difusor de ducha fijo L/175
L4-004: volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con cabinas de ducha prefabricadas L/175
L4-005: dimensiones de los volúmenes de protección en las piscinas y pediluvios L/179
L4-006: dimensiones de los volúmenes de protección en las piscinas pequeñas situadas en los edificios L/178
L4-007: dimensiones de los volúmenes de protección en las fuentes, estanques o receptáculos de agua L/179
L4-008: dimensiones en relación a tabiques de 2,5 m de altura L/180
L4-009: dimensiones en relación a tabiques fijos, incluso para locales con baños L/180
L4-012: especificación de zonas en una sala con sauna. L/189
L4-013: conexión directa a la red de alimentación a través de un DDR L/194
L4-014: conexión a través de un transformador de separación L/194
L4-015: conexión a la red de alimentación a través de DDR por medio de un transformador de separación, con circuito de equipotencialidad de las partes metálicas L/195
L4-016: conexión a la red de alimentación a través de DDR por medio de un transformador de separación de múltiples secundarios, sin circuito de equipotencialidad de las partes metálicas L/195
L4-017: ejemplo de posibilidades de conexión para una alimentación 2P + T L/198

L4-018: eliminación de las corrientes del conductor neutro utilizando los esquemas TN-S TN-C L/202
L4-019: entorno del paciente L/203
L4-022: delimitación, en una instalación, del material y la propia instalación L/212
L4-023: conexión de un transformador de aislamiento L/215
L4-024: ejemplo de conexión de un grupo generador a baja tensión de clase I o II situado en el interior de la unidad, con o sin toma de corriente L/217
L4-025: ejemplo de conexión a un grupo generador a BT de clase II situado en el exterior de la unidad L/217
L4-026: ejemplo de conexión con conexión a tierra para todo el esquema, de una instalación fija con corte automático de la alimentación, por dispositivo de corriente diferencial residual DDR, con o sin toma de tierra L/218
L4-027: el mismo ejemplo que el de la Fig. L4-026, pero con unión equipotencial local no puesta a tierra, con una envolvente no conductora en el interior de la unidad L/218
L4-028: ejemplo de conexión a una instalación eléctrica fija, cualquiera que sea el esquema de conexión a tierra, utilizando un transformador de separación simple y un esquema IT con una toma de tierra L/219
L4-029: esquema de conexión con una separación simple y un esquema IT con control de aislamiento y corte de la alimentación al primer defecto, con o sin toma de tierra L/220
L4-030: ejemplo de conexión con separación simple y un esquema TN con o sin toma de tierra L/220
L4-031: ejemplo de conexión a una instalación eléctrica fija, cualquiera que sea el esquema de conexión a tierra, utilizando una separación eléctrica, asegurada por un transformador de aislamiento L/221
L4-032: ejemplo de conexión de una alimentación eléctrica con fase (L_1) + neutro + conductor de protección (PE), a una caravana L/235

5. Prescripciones para el mantenimiento de la calidad
L5-002: niveles de tensión de las frecuencias de las señales en porcentaje de U_n utilizadas en la red general de distribución de BT L/259

6.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado
L6.1-003: representación de los grupos de las cargas L/269
L6.1-004: esquema de alimentación desde un punto de la red de distribución pública L/270
L6.1-005: esquema de alimentación desde el centro de transformación (CT) de la red de distribución pública L/270
L6.1-006: red de alumbrado sobre postes de la red de distribución pública en BT L/271
L6.1-007: alimentación en BT y distribución a través de un transformador BT/BT con régimen TN en el secundario, para alumbrado exterior L/272
L6.1-008: alumbrado de grandes superficies a través de grande longitudes y considerable potencia lumínica L/272
L6.1-009: esquema red de alumbrado alimentada a BT y distribuida a MT L/273

L

L6.1-010: esquema red de alumbrado con alimentación y distribuido a MT L/274
L6.1-011: alumbrado de grandes superficies con concentración de fuentes lumínicas L/275
L6.1-012: alimentación a MT con centro de transformación propio .. L/275
L6.1-014: esquema del control del alumbrado exterior en régimen TT L/278
L6.1-015: esquema del control del alumbrado exterior en régimen TN-S L/279
L6.1-016: esquema para el control del alumbrado exterior por secciones en régimen TT L/279
L6.1-017: esquema para el control del alumbrado exterior por secciones en régimen TN-S L/280
L6.1-018: esquema para las cargas del grupo B de pequeña potencia L/280
L6-019: esquema para las cargas del grupo B de gran potencia L/280
L6.1-020: instalación de puntos luz con materiales de Clase II L/283
L6.1-021: protección por aislamiento suplementario en la base de un punto luz (farol) L/284
L6.1-022: conexión de los puntos luz en régimen TN L/287
L6.1-024: esquema de la solución 1 ..... L/289
L6.1-025: esquema de la solución 2 ..... L/289
L6.1-026: esquema de la solución 3 ..... L/290
L6.1-027: esquema de la solución 4 ..... L/291
L6.1-028: esquema de la solución 5 ..... L/292
L6.1-029: esquema de la solución 6 ..... L/293
L6.1-031: puntos luz de la urbanización L/300
L6.1-032: implantación en planta de los puntos luz y las líneas de distribución L/301
L6.1-033: esquemas de distribución L/302
L6.1-034: caja general de protección y medida L/306
L6.1-035: esquema del cuadro general y la acometida L/307
L6.1-036: cuadro general de protección y maniobra del alumbrado público L/312
L6.1-038: zonas de impacto de la corriente sobre el cuerpo humano L/316
L6.1-039: alumbrados de media tensión L/317
L6.1-040: ejemplo de instalación de lámparas de media tensión (MT) y mallados L/319
L6.1-041: soportes de fijación de los tubos de las lámparas de descarga a media tensión (MT) L/319
L6.1-043: conductores y protecciones de alimentación en media tensión (MT) L/320
L6.1-044: empalme de conexión del conductor al tubo de la lámpara L/321
L6.1-045: machón funda, protector del borne de conexión L/321
L6.1-046: ejemplo de entrada y salida de las conducciones de los transformadores de media tensión (MT) L/322
L6.1-047: ejemplo de instalación y señalización de los transformadores de media tensión (MT) L/322
L6.1-048: ejemplo de instalación y señalización de los transformadores con circuito integrado de media tensión (MT) L/323
L6.1-049: ejemplo de machones de protección en los bornes de media tensión (MT) L/326

L6.1-051: esquema de puestas a tierra L/327
L6.1-052: necesidad de una unión equipotencial L/327
L6.1-055: líneas de fuga (LF) y distancias en el aire (DA) L/329
L6.1-056: alimentación de varios transformadores con un circuito ... L/330
L6.1-057: alimentación de varios transformadores con un circuito en derivación L/330
L6.1-060: esquemas de instalación del corte por emergencia L/334
L6.1-061: seccionador para el corte por emergencia L/334
L6.1-062: situación de los seccionadores para el corte por emergencia L/335
L6.1-063: situación de los seccionadores para el corte por emergencia L/336
L6.1-065: balastos electromagnéticos para fuentes a MBTF L/340
L6.1-066: balastos electrónicos para fuentes a MBTF L/340
L6.1-067: esquema de la impedancia máxima protegida por un interruptor automático en el primario L/342
L6.1-068: luminarias suspendidas L/346
L6.1-069: conexión de los portalámparas L/346
L6.1-070: puesta a tierra de las luminarias L/347
L6.1-071: instalaciones de lámparas de descarga a MT en viviendas L/347
L6.1-072: resistencia de descarga de los condensadores L/348

6.2. Instalaciones eléctricas en zonas con agua

L6.2-001: delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con bañera L/363
L6.2-002: delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con bañera y muro de compartimentación L/363
L6.2-003: delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con ducha con plato L/364
L6.2-004: delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con una ducha con plato y muro de compartimentación L/364
L6.2-005: delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con ducha sin plato L/364
L6.2-006: delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con una ducha sin plato y muro de compartimentación L/365
L6.2-007: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas con plato y vestuario individual L/365
L6.2-008: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas sin plato y vestuario individual L/366
L6.2-009: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas individuales con plato y vestuario colectivo L/367
L6.2-010: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos sin duchas individuales con plato y vestuario colectivo L/367
L6.2-011: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas y vestidor colectivos L/368
L6.2-012: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas (con dos accesos) y vestuario colectivos L/369

L

L6.2-013: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos con duchas prefabricadas L/370
L6.2-014: delimitación de los volúmenes concernientes a piscinas y estanques L/371
L6.2-015: delimitación de los volúmenes concernientes a piscinas y estanques con muros para compartimientos L/372
L6.2-016: delimitación de los volúmenes concernientes a una fuente L/372
L6.2-017: delimitación de los volúmenes concernientes a una sala utilizada para sauna L/373
L6.2-018: característica de la corriente continua alisada L/391
L6.2-020: masas a conectar a la red equipotencial complementaria L/394
L6.2-021: elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria L/394
L6.2-022: red equipotencial complementaria en zonas BB3 ..... L/395
L6.2-023: circuito de protección de gran seguridad L/396
L6.2-024: masas a conectar a la red equipotencial complementaria L/406
L6.2-025: elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria L/407
L6.2-026: red equipotencial complementaria en zonas BB2 ..... L/407
L6.2-027: desconexión automática de un circuito con fuga, esquema TT L/408
L6.2-028: circuito de protección de gran seguridad L/410
L6.2-029: separación de circuitos en instalaciones frigoríficas L/419
L6.2-030: circuito en régimen TT en instalaciones frigoríficas con amoníaco L/420
L6.2-031: circuito en régimen IT en instalaciones frigoríficas con amoníaco L/421
L6.2-032: circuito en régimen TN en instalaciones frigoríficas con amoníaco L/422
L6.2-034: masas a conectar a la red equipotencial complementaria L/425
L6.2-035: elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria L/425
L6.2-036: red equipotencial complementaria en zonas BB2 ..... L/425
L6.2-037: distribución de fases en las líneas de los puertos deportivos L/432
L6.2-038: esquema del cuadro de alimentación a cuatro embarcaciones, con el mismo régimen de neutro de la alimentación L/433
L6.2-039: esquema del cuadro de alimentación a cuatro embarcaciones, con diferente régimen de neutro de la alimentación,a través de transformadores de separación L/433
L6.2-040: conexión cuadro de alimentación barco L/437
L6.2-041: cuadro de alimentación L/439
L6.2-042: cuadro de distribución L/439
L6.2-043: masas a conectar a la red equipotencial complementaria L/440
L6.2-044: elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria L/440
L6.2-045: red equipotencial complementaria en barcos L/440
L6.2-046: conexión del conductor de protección y la red equipotencial en función de la alimentación L/442

L

6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas

L6.3-001: diagrama general de cargas de una vivienda L/467
L6.3-002: viviendas con electrificación básica L/468
L6.3-003: viviendas con electrificación elevada L/468
L6.3-004: inicio de la responsabilidad del abonado en una instalación L/468
L6.3-005: situación del cuadro general de control y distribución L/469
L6.3-006: situación del cuadro general en el garaje L/470
L6.3-007: identificación de los conductores L/470
L6.3-008: situación de las corrientes fuertes y las débiles L/471
L6.3-010: conducción de los gases ionizados al exterior del cuadro L/472
L6.3-011: aseguramiento del seccionamiento L/473
L6.3-012: C_1. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación L/474
L6.3-013: C_1. Naturaleza de los puntos luz y su tratamiento L/475
L6.3-014: C_2. Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico L/476
L6.3-015: C_3. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno L/479
L6.3-017: C_4. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico L/482
L6.3-018: C_5. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar las tomas de corriente de los baños y cocina L/484
L6.3-019: C_6. Circuito destinado a alimentar la calefacción L/484
L6.3-020: C_6. distribución en planta del apartamento L/485
L6.3-022: circuito de distribución principal desde el cuadro general y a través de las cajas de derivación L/488
L6.3-023: situación física del circuito de distribución principal L/488
L6.3-024: esquema correspondiente al timbre del acceso L/489
L6.3-025: esquema correspondiente al alumbrado del vestíbulo L/490
L6.3-026: esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo L/490
L6.3-027: situación física del circuito de distribución en el acceso y recibidor L/492
L6.3-028: esquema correspondiente al alumbrado del vestidor L/493
L6.3-029: esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo L/493
L6.3-030: esquemas correspondientes a los puntos luz del alumbrado del baño L/494
L6.3-031: esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo L/495
L6.3-032: situación física del circuito de distribución en el vestidor y el baño L/496
L6.3-033: circuitos y bornes de la caja CA1 ..... L/497
L6.3-034: esquema correspondiente al alumbrado de la cocina L/498
L6.3-035: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_2 de la cocina L/499
L6.3-036: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_3 de la cocina L/499
L6.3-037: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_4 de la cocina L/500
L6.3-038: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_5 de la cocina L/501
L6.3-039: esquema control de fugas de gas ciudad L/501

L

L6.3-040: situación física del circuito de distribución en la cocina L/503
L6.3-041: circuitos y bornes de la caja CA2 ..... L/505
L6.3-042: esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de doble cama L/506
L6.3-043: esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio de doble cama L/507
L6.3-044: perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de doble cama D1 ..... L/507
L6.3-045: esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de cama doble DM L/509
L6.3-046: esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio de cama doble DM L/509
L6.3-047: perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de cama doble DM L/510
L6.3-048: esquema correspondiente al alumbrado del pasillo L/511
L6.3-049: esquema correspondiente a las tomas de corriente del pasillo L/511
L6.3-050: perspectiva de situación de las cargas en el pasillo repartidor L/512
L6.3-051: circuitos y bornes de la caja CA3 ..... L/512
L6.3-052: esquema correspondiente al alumbrado de la sala-comedor y la terraza L/514
L6.3-053: esquema correspondiente a las tomas de corriente de la sala-comedor y la terraza L/515
L6.3-054: perspectiva de situación de las cargas en el comedor-sala de estar L/517
L6.3-055: circuitos y bornes de la caja CA4 ..... L/518
L6.3-056: esquema del cuadro general L/520
L6.3-057: cuadro general de distribución de una electrificación básica L/520
L6.3-058: distribución en planta de la planta y el piso L/526
L6.3-060: circuito de distribución principal desde el cuadro general y a través de las cajas de derivación L/532
L6.3-061: situación física del circuito de distribución principal L/533
L6.3-062A: esquema correspondiente al timbre de acceso L/536
L6.3-062B: esquema correspondiente al alumbrado de la entrada .. L/536
L6.3-063: esquema correspondiente al alumbrado del vestíbulo L/537
L6.3-064: esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo L/537
L6.3-065: esquema correspondiente al alumbrado del servicio L/538
L6.3-066: esquema correspondiente a las tomas de corriente del servicio L/538
L6.3-067: esquema correspondiente al alumbrado del garaje L/539
L6.3-068: esquema correspondiente a las tomas de corriente del garaje L/539
L6.3-069: esquema correspondiente al alumbrado del sótano L/540
L6.3-070: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_2 de la cocina L/540
L6.3-071: situación física del circuito de distribución en la entrada y recibidor L/541
L6.3-072: situación física del circuito de distribución en el garaje y los sótanos. L/542
L6.3-073: esquema de los circuitos y conexiones de la caja CA1 .... L/544
L6.3-074: esquema correspondiente al alumbrado del repartidor de la planta baja L/545

L6.3-075: esquema correspondiente a las tomas de corriente del repartidor de la planta baja L/546
L6.3-076: esquema correspondiente al alumbrado del repartidor de la planta baja L/546
L6.3-077: esquema correspondiente a las tomas de corriente de la escalera L/547
L6.3-078: esquema correspondiente al alumbrado de la sala-comedor y la terraza L/548
L6.3-079: esquema correspondiente a las tomas de corriente para el equipo de sonido L/549
L6.3-080: esquema correspondiente al alumbrado de la cocina L/550
L6.3-081: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_2 de la cocina L/550
L6.3-082: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_3 de la cocina L/551
L6.3-083: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_4 de la cocina L/551
L6.3-084: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_5 de la cocina L/552
L6.3-085: situación física del circuito de distribución en el repartidor de la planta baja y escalera L/553
L6.3-086: situación física del circuito de distribución en la sala comedor L/555
L6.3-087: situación física del circuito de distribución en la cocina L/556
L6.3-088: esquema de los circuitos y conexiones de la caja CA2 .... L/559
L6.3-089: esquema correspondiente al alumbrado del lavadero L/560
L6.3-090: esquema correspondiente a las tomas de corriente del lavadero L/560
L6.3-091: esquema correspondiente al alumbrado del jardín línea C_1 ..... L/561
L6.3-092: esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_5 del jardín L/562
L6.3-093: situación física del circuito de distribución en la zona del lavadero L/563
L6.3-094: situación física del circuito de distribución del jardín L/564
L6.3-095: esquema de los circuitos y conexiones de la caja CA2 .... L/565
L6.3-096: esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de cama doble L/566
L6.3-097: esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio de cama doble DM L/567
L6.3-098: esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio D2 de doble cama L/568
L6.3-099: esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio D2 y la terraza T2 ..... L/569
L6.3-100: esquema correspondiente al alumbrado del repartidor del piso L/569
L6.3-101: esquema correspondiente a las tomas de corriente del repartidor del piso L/570
L6.3-102: perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de cama doble DM L/571
L6.3-103: perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de doble cama D2 ..... L/572
L6.3-104: perspectiva de situación de las cargas en el repartidor del piso L/573
L6.3-105: circuitos y bornes de la caja CA4 ..... L/574

L

L6.3-106: esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de una cama L/576
L6.3-107: esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio D1 y la terraza T2 ..... L/576
L6.3-108: esquema correspondiente al alumbrado del baño L/577
L6.3-109: esquema correspondiente a las tomas de corriente del baño L/578
L6.3-110: perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de una cama L/579
L6.3-111: perspectiva de situación de las cargas en el baño L/580
L6.3-112: circuitos y bornes de la caja CA5 ..... L/581
L6.3-113: elementos complementarios para un buen acondicionamiento y un coste reducido L/582
L6.3-114: circuito de generación de agua caliente y/o fría L/583
L6.3-115: esquema cuadro general para el acondicionamiento CGA L/585
L6.3-116: conducción entre el cuadro general de distribución y el cuadro general de acondicionamiento L/588
L6.3-117: conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-01 y CCA-02 ..... L/589
L6.3-118: alimentación del equipo VAI y el termostato TA L/590
L6.3-119: conexiones del cuadro general hasta las cajas de conexiones de la máquinas del acondicionamiento L/590
L6.3-120: conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-04, CCA-05 y CCA-06 ..... L/591
L6.3-121: conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-06 y CCA-07 ..... L/592
L6.3-122: conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-08 ..... L/593
L6.3-123: situación de fancoils termostatos y conductos del acondicionamiento de la planta baja L/594
L6.3-124: situación de fancoils termostatos y conductos del acondicionamiento de la planta baja L/595
L6.3-125: cuadro de distribución acondicionamiento de la planta baja L/596
L6.3-126: cuadro de distribución acondicionamiento del piso L/598
L6.3-128: esquema de alarmas técnicas y confort L/601
L6.3-129: distribución entre los cuadros y las cajas del circuito de la línea C_{11} automatismos L/602
L6.3-130: distribución de cajas de derivación en la planta baja L/603
L6.3-131: distribución de cajas de derivación en la primera planta ... L/603
L6.3-132: esquema caja CA1 ..... L/604
L6.3-133: esquema caja CA2 ..... L/607
L6.3-134: esquema caja CA3 ..... L/608
L6.3-135: esquema caja CA4 ..... L/610
L6.3-136: esquema caja CA5 ..... L/612
L6.3-137: acometida L/617
L6.3-138: acometidas aéreas L/618
L6.3-139: líneas subterráneas L/618
L6.3-140: protección por separación L/618
L6.3-142: Protección al impacto de las acometidas con tubos aislantes L/620
L6.3-143: protección de doble aislamiento L/620
L6.3-144: cubrebornes L/621
L6.3-145: circuitos y zonas de una electrificación básica L/622

L6.3-146: circuitos y zonas de una electrificación elevada L/623
L6.3-148: volúmenes de una bañera (ver apartado “Volúmenes o zonas de seguridad”, página L/362) L/625
L6.3-149: alimentación de un circuito de MBTS L/625
L6.3-150: masas a conectar a la red equipotencial complementaria L/626
L6.3-151: elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria L/627
L6.3-152: protección por transformadores de aislamiento en los volúmenes 2 y 3 ..... L/628
L6.3-153: volúmenes definidos en el baño. L/630
L6.3-154: esquema del circuito general de una electrificación básica L/631
L6.3-155: circuito de la corriente de fuga. L/633
L6.3-156: resistencia del circuito de puesta a tierra. L/634
L6.3-157: circuito de puesta a tierra L/636
L6.3-158: volúmenes definidos en el baño. L/637
L6.3-159: esquema del circuito general de una electrificación básica L/638
L6.3-160: circuito de la corriente de fuga. L/640
L6.3-161: resistencia del circuito de puesta a tierra. L/641
L6.3-162: diagrama del efecto del paso de la corriente de fuga por el cuerpo humano L/643
L6.3-163: circuito de puesta a tierra L/644
L6.3-164: esquema de niveles de protección a corriente diferencial residual L/645
L6.3-165: diagrama del efecto del paso de la corriente de fuga con protección del 1.er nivel L/645
L6.3-166: circuito de control de la captación de energía con células fotovoltaicas L/646

L

Reglamento electrotécnico para BT e Instrucciones Técnicas Complementarias

6.1.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado exterior

INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR. ITC-BT-09
1. Ámbito de aplicación L/349
2. Acometidas desde las redes de distribución de la compañía suministradora L/349
3. Dimensionamiento de las instalaciones L/349
4. Cuadros de protección, medida y control L/349
5. Redes de alimentación L/350
5.1. Cables L/350
5.2. Tipos L/350
5.2.1. Redes subterráneas L/350
5.2.2. Redes aéreas L/351
5.2.3. Redes de control y auxiliares L/351
6. Soportes de luminarias L/351
6.1. Características L/351
6.2. Instalación eléctrica L/352
7. Luminarias L/352
7.1. Características L/352
7.2. Instalación eléctrica de las luminarias suspendidas L/352
8. Equipos eléctricos de los puntos luz L/352
9. Protección contra contactos directos e indirectos L/353
10. Puestas a tierra L/353

6.1.2. Instalaciones eléctricas de alumbrado en locales de baja tensión para elementos de alta tensión

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO. ITC-BT-44
5. Rótulos luminosos L/356

6.1.3. Instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS)

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO. ITC-BT-44
4. Utilización de muy bajas tensiones para alumbrado L/356

INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN. ITC-BT-36
1. Generalidades L/357
2. Requisitos generales para las instalaciones a muy baja tensión de seguridad (MBTS) y muy baja tensión de protección MBTP) L/357
2.1. Fuentes de alimentación L/357
2.2. Condiciones de instalación de los circuitos L/358
3. Requisitos particulares para las instalaciones a muy baja tensión de seguridad (MBTS) L/359
4. Requisitos particulares para las instalaciones a muy baja tensión de protección (MBTP) L/359

6.1.4. Consideraciones generales sobre las instalaciones para alumbrado

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO. ITC-BT-44
1. Objeto y campo de aplicación L/354
2. Condiciones particulares para los receptores para alumbrado y sus componentes L/354
2.1. Luminarias L/354
2.1.1. Suspensiones y dispositivos de regulación L/354
2.1.2. Cableado interno L/354
2.1.3. Cableado externo L/354
2.1.4. Puesta a tierra L/355
2.2. Lámparas L/355
2.3. Portalámparas L/355
3. Condiciones de instalación de los receptores para alumbrado L/355
3.1. Condiciones generales L/355
3.2. Condiciones específicas L/356

6.2.2. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3)

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. LOCALES QUE CONTIENEN UNA BAÑERA O DUCHA. ITC-BT-27
1. Campo de aplicación L/447
2. Ejecución de las instalaciones L/447
2.1. Clasificación de los volúmenes L/447
2.1.1. Volumen 0 ..... L/447
2.1.2. Volumen 1 ..... L/447
2.1.3. Volumen 2 ..... L/448
2.1.4. Volumen 3 ..... L/448
2.2. Protección para garantizar la seguridad L/448
2.3. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/449
3. Requisitos particulares para las instalaciones de bañeras de hidromasaje, cabinas de ducha con circuitos eléctricos y aparatos análogos L/449
3.1. Elección e instalación de los materiales eléctricos L/450
4. Figuras de la clasificación de los volúmenes L/450
Figura 1 - Bañera L/450
Figura 2 - Bañera con pared fija L/451
Figura 3 - Ducha L/451
Figura 4 - Ducha con pared fija L/452
Figura 5 - Ducha sin plato L/452
Figura 6 - Ducha sin plato pero con pared fija, difusor fijo L/452
Figura 7 - Cabina de ducha prefabricada L/453

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOCALES QUE CONTIENEN RADIADORES PARA SAUNAS. ITC-BT-50
1. Objeto y campo de aplicación L/466
2. Condiciones generales de instalación L/466

L

6.2.3. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar parcialmente mojado o húmedo (BB2)

INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. ITC-BT-30
1. Instalaciones en locales húmedos L/453
1.1. Canalizaciones eléctricas L/453
1.1.1. Instalación de conductores y cables aislados en el interior de tubos L/453
1.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes L/454
1.1.3. Instalación de cables aislados y armados con alambres galvanizados sin tubo protector L/454
1.2. Aparamenta L/454
1.3. Receptores de alumbrado y aparatos portátiles de alumbrado L/454
2. Instalaciones en locales mojados L/454
2.1. Canalizaciones L/454
2.1.1. Instalaciones de conductores y cables aislados en el interior de tubos L/454
2.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes L/455
2.2. Aparamenta L/455
2.3. Dispositivos de protección L/455
2.4. Aparatos móviles portátiles L/455
2.5. Receptores de alumbrado L/455
6. Instalaciones en locales a muy baja temperatura L/455
9. Instalaciones en otros locales de características especiales L/455
9.1. Clasificación de las influencias externas L/456

6.2.4. Instalaciones eléctricas, frigoríficas termodinámicas

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. PISCINAS Y FUENTES. ITC-BT-31
1. Campo de aplicación L/456
2. Piscinas y pediluvios L/456
2.1. Clasificación de los volúmenes L/456
2.2. Prescripciones generales L/457
2.2.1. Canalizaciones L/458
2.2.2. Cajas d conexión L/458
2.2.3. Luminarias L/459
2.2.4. Aparamenta y otros equipos L/459
3. Fuentes L/460
3.1. Requisitos del volumen 0 y 1 de las fuentes L/460
3.2. Conexión equipotencial suplementaria L/460
3.3. Protección contra la penetración del agua en los equipos eléctricos L/461
3.4. Canalizaciones L/461
4. Prescripciones particulares de equipos eléctricos de baja tensión instalados en el volumen 1 de las piscinas y otros baños L/461
Figura 1 - Dimensiones de los volúmenes para depósitos de piscinas y pediluvios L/462
Figura 2 - Dimensiones de los volúmenes para depósitos por encima del suelo L/462

Figura 3 - Dimensiones de protección en piscinas con paredes de altura mínima 2,5 m L/463
Figura 4 - Volúmenes de protección en piscinas con paredes L/463
Figura 5 - Volúmenes de protección en fuentes L/463

6.2.5. Instalaciones eléctricas en puertos, marinas y barcos de recreo

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PUERTOS Y MARINAS PARA BARCOS DE RECREO. ITC-BT-42
1. Objeto y campo de aplicación L/464
2. Características generales L/464
3. Protecciones de seguridad L/464
3.1. Protección por Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) L/464
3.2. Protección por corte automático de la alimentación L/464
3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos L/464
3.3.1. Protección por obstáculos L/464
3.3.2. Protección contra contactos indirectos L/465
4. Selección e instalación de equipos eléctricos L/465
4.1. Generalidades L/465
4.2. Canalizaciones L/465
4.3. Aparamenta L/465
4.3.1. Cuadros de distribución L/465
4.3.2. Bases de tomas de corriente L/465
4.3.3. Conexión a los barcos de recreo L/466

INSTALACIONES DE ENLACE DERIVACIONES INDIVIDUALES. ITC-BT-15
1. Definición L/651
2. Instalación L/651
3. Cables L/652

INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN. ITC-BT-16
1. Generalidades L/654
2. Formas de colocación L/655
2.1. Colocación en forma individual L/655
2.2. Colocación en forma concentrada L/655
2.2.1. En local L/656
2.2.2. En armario L/657
3. Concentración de contadores L/657
4. Elección del sistema L/659

INSTALACIONES DE ENLACE. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. ITC-BT-17
1. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia L/659
1.1. Situación L/659
1.2. Composición y características de los cuadros L/660
1.3. Características principales de los dispositivos de protección L/660

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18
1. Objeto L/661

L

2. Puesta o conexión a tierra. Definición L/661
3. Uniones a tierra L/661
3.1. Tomas de tierra L/662
3.2. Conductores de tierra L/663
3.3. Bornes de puesta a tierra L/663
3.4. Conductores de protección L/664
4. Puestas a tierra por razones de protección L/665
4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto L/665
5. Puestas a tierra por razones funcionales L/666
6. Puesta a tierra por razones combinadas de protección y funcionales L/666
7. Conductores CPN (también denominados PEN) L/666
8. Conductores de equipotencialidad L/667
9. Resistencia de las tomas de tierra L/667
10. Tomas de tierra independientes L/668
11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación L/668
12. Revisión de las tomas de tierra L/670

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19
1. Campo de aplicación L/670
2. Prescripciones de carácter general L/670
2.1. Regla general L/670
2.2. Conductores activos L/670
2.2.1. Naturaleza de los conductores L/670
2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión L/670
2.2.3. Intensidades máximas admisibles L/672
2.2.4. Identificación de conductores L/672
2.3. Conductores de protección L/672
2.4. Subdivisión de las instalaciones L/674
2.5. Equilibrado de cargas L/674
2.6. Posibilidad de separación de la alimentación L/674
2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga L/675
2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos L/676
2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica L/676
2.10. Bases de toma de corriente L/678
2.11. Conexiones L/678

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. ITC-BT-20
Sistema de instalación L/679
1. Generalidades L/679
2. Sistemas de instalación. L/679
2.1. Prescripciones generales L/679
2.1.1. Disposiciones L/679
2.1.2. Accesibilidad L/680
2.1.3. Identificación L/680
2.2. Condiciones particulares L/680
2.2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores L/681
2.2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes L/682
2.2.3. Conductores aislados enterrados L/683

2.2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras L/683
2.2.5. Conductores aéreos L/683
2.2.6. Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción L/683
2.2.7. Conductores aislados bajo canales protectoras L/684
2.2.8. Conductores aislados bajo molduras L/684
2.2.9. Conductores aislados en bandejas o soporte de bandejas L/685
2.2.10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas L/686
3. Paso a través de elementos de la construcción L/686

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. ITC-BT-21
1. Tubos protectores L/687
1.1. Generalidades L/687
1.2. Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación L/688
1.2.1. Tubos en canalizaciones fijas en superficie L/688
1.2.2. Tubos en canalizaciones empotradas L/689
1.2.3. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire L/691
1.2.4. Tubos en canalizaciones enterradas L/693
2. Instalación y colocación de los tubos L/694
2.1. Prescripciones generales L/694
2.2. Montaje fijo en superficie L/696
2.3. Montaje fijo empotrado L/696
2.4. Montaje al aire L/697
3. Canales protectoras L/698
3.1. Generalidades L/698
3.2. Características de las canales L/698
4. Instalación y colocación de las canales L/699
4.1. Prescripciones generales L/699

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES. ITC-BT-22
1. Protección de las instalaciones L/699
1.1. Protección contra sobreintensidades L/699
1.2. Aplicación de las medidas de protección L/700

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES. ITC-BT-23
1. Objeto y campo de aplicación L/701
2. Categoría de las sobretensiones L/702
2.1. Objeto de las categorías L/702
2.2. Descripción de las categorías de sobretensiones L/702
3. Medidas para el control de las sobretensiones L/703
3.1. Situación natural L/703
3.2. Situación controlada L/703
4. Selección de los materiales en la instalación L/704

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS. ITC-BT-24
1. Introducción L/704
2. Protección contra contactos directos e indirectos L/704
3. Protección contra contactos directos L/705

L

3.1. Protección por aislamiento de las partes activas L/705
3.2. Protección por medio de barreras o envolventes L/705
3.3. Protección por medio de obstáculos L/706
3.4. Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento L/706
3.5. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual L/707
4. Protección contra los contactos indirectos L/707
4.1. Protección por corte automático de la alimentación L/707
4.1.1. Esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección L/708
4.1.2. Esquemas TT, características y prescripciones de los dispositivos de protección L/709
4.1.3. Esquemas IT. Características y prescripciones de los dispositivos de protección L/711
4.2. Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente L/714
4.3. Protección en los locales o emplazamientos no conductores L/714
4.4. Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra L/716
4.5. Protección por separación eléctrica L/716

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS. ITC-BT-25
1. Grado de electrificación básico L/717
2. Circuitos interiores L/717
2.1. Protección general L/717
2.2. Previsión para instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad L/717
2.3. Derivaciones L/718
2.3.1. Electrificación básica L/718
2.3.2. Electrificación elevada L/718
3. Determinación del número de circuitos, sección de los conductores y de las caídas de tensión L/719
4. Puntos de utilización L/720

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. PRESCRIPCIONES GENERALES DE INSTALACIÓN. ITC-BT-26
1. Ámbito de aplicación L/722
2. Tensiones de utilización y esquemas de conexión L/722
3. Tomas de tierra L/722
3.1. Instalación L/722
3.2. Elementos a conectar a tierra L/723
3.3. Puntos de puesta a tierra L/723
3.4. Líneas principales de tierra. Derivaciones L/723
3.5. Conductores de protección L/724
4. Protección contra contactos indirectos L/724
5. Cuadro general de distribución L/724
6. Conductores L/724
6.1. Naturaleza y secciones L/724
6.1.1. Conductores activos L/724
6.1.2. Conductores de protección L/724
6.2. Identificación de los conductores L/725
6.3. Conexiones L/725

7. Ejecución de las instalaciones L/725
7.1. Sistemas de instalación L/725
7.2. Condiciones generales L/725

INSTALACIONES DE RECEPTORES. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-43
1. Introducción L/726
2. Generalidades L/726
2.1. Condiciones generales de instalación L/726
2.2. Clasificación de los receptores L/727
2.3. Condiciones de utilización L/727
2.4. Tensiones de alimentación L/728
2.5. Conexión de receptores L/728
2.6. Utilización de receptores que desequilibren las fases o produzcan fuertes oscilaciones de la potencia absorbida L/729
2.7. Compensación del factor de potencia L/729

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO. ITC-BT-44
1. Objeto y campo de aplicación L/730
2. Condiciones particulares para los receptores para alumbrado y sus componentes L/730
2.1. Luminarias L/730
2.1.1. Suspensiones y dispositivos de regulación L/730
2.1.2. Cableado interno L/731
2.1.3. Cableado externo L/731
2.1.4. Puesta a tierra L/731
2.2. Lámparas L/731
2.3. Portalámparas L/731
3. Condiciones de instalación de los receptores para alumbrado L/731
3.1. Condiciones generales L/731
3.2. Condiciones específicas L/732

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. APARATOS DE CALDEO. ITC-BT-45
1. Objeto y campo de aplicación L/733
2. Aparatos para uso doméstico y comercial L/733
2.1. Aparatos para el calentamiento de líquidos L/733
2.2. Aparatos para el calentamiento de locales L/733
2.3. Cocinas, hornos, hornillos y encimeras L/733
3. Aparatos para usos industriales L/733
3.1. Aparatos para el calentamiento de líquidos L/733
3.1.1. Calentadores de agua en los que ésta forma parte del circuito eléctrico L/734
3.1.2. Calentadores provistos de elementos de caldeo desnudos sumergidos en el agua L/734
3.2. Aparatos de cocción y hornos industriales L/735
3.3. Aparatos de soldadura eléctrica por arco L/735

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. CABLES Y FOLIOS RADIANTES EN VIVIENDAS. ITC-BT-46
1. Objeto y campo de aplicación L/736
2. Limitaciónes de empleo L/736
3. Instalación L/736

L

3.1. Circuito de alimentación L/736
3.2. Instalación eléctrica L/736
3.2.1. Uniones frías L/737
3.3. Colocación de los cables calefactores L/737
3.4. Fijación de los cables calefactores L/737
3.5. Relación con otras instalaciones L/738
4. Particularidades para instalaciones en el suelo de los cables calefactores L/738
4.1. Colocación L/738
5. Particularidades para instalaciones de cables calefactores en el techo L/738
5.1. Colocación L/739
6. Control L/739

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MUEBLES. ITC-BT-49
1. Objetos y campos de aplicación L/739
2. Muebles no destinados a instalarse en cuartos de baño L/740
2.1. Aspectos generales L/740
2.2. Canalizaciones L/740
2.3. Sección de los conductores L/740
2.4. Protección mecánica de los cables L/741
2.5. Conexiones L/741
3. Muebles en cuartos de baño L/741

INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS. ITC-BT-51
1. Objeto y campo de aplicación L/741
2. Terminología L/742
3. Tipos de sistemas L/743
4. Requisitos generales de la instalación L/743
5. Condiciones particulares de instalación L/744
5.1. Requisitos para sistemas que usan señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión L/744
5.2. Requisitos para sistemas que usan señales transmitidas por cables específicos para dicha función L/744
5.3. Requisitos para sistemas que usan señales radiadas L/744

1. Características generales

¿En función de qué debemos proyectar una instalación?

■ La utilización prevista de la instalación, su estructura general y sus alimentaciones.
■ Las influencias externas a las que la instalación está sometida.
■ La compatibilidad de sus materiales.
■ La mantenibilidad de la instalación.

La utilización prevista de la instalación, su estructura general y sus alimentaciones

Necesidades

■ Potencia instalada.
■ Factores de utilización y simultaneidad.
■ Potencia consumida.

En el capítulo B, apartado 4 "Potencia de una instalación", pág. B/67 del 1.er Volumen, se exponen las necesidades y las posibles alternativas de solución.

Estructura

■ Esquemas de distribución.
■ Esquemas de puesta a tierra.

En el capítulo F "La distribución en BT", apartado 1. "Generalidades", pág. F/35; apartado 4. "Los régimens de neutro", pág. F/71 y apartado 5. "La realización y medida de las puestas a tierra", pág. F/87, del 1.er Volumen, se exponen las necesidades y las posibles alternativas de solución.

Alimentación

■ Deberemos determinar las siguientes características:
□ Naturaleza de la corriente y frecuencia.
□ Valor de la tensión nominal.
□ Valor de la intensidad de cortocircuito presunta en el origen de la instalación.
□ Posibilidades de satisfacer las solicitudes de la instalación.
■ Alimentación circuitos generales.
■ Alimentación circuitos de seguridad y sistemas de reemplazamiento.
■ Deberemos satisfacer las necesidadses propias e inherentes de la actividad para la que se realiza la instalación, las cuales pueden ser:
□ Por causas inherentes a la propia explotación.
□ Por causas reglamentarias.
□ Por necesidades de explotación.
Estas alimentaciones deben tener una capacidad, fiabilidad y disponibilidad apropiadas al funcionamiento especificado.
■ Para conseguirlo pueden utilizarse:
□ Baterías de acumuladores.
□ Pilas.
□ Generadores independientes de la alimentación normal.
□ Derivaciones separadas de la red de distribución.
□ Sistemas de Alimentación Ininterrumpidos (SAI).

■ Pueden ser:
□ Automática, cuando la puesta en servicio es independiente de la acción de un operador:
– Sin corte: conectada permanentemente.
– Con corte muy breve: tiempo de disponibilidad inferior o igual a 0,15 segundos.
– Con corte breve: tiempo de disponibilidad inferior o igual a 0,5 segundos.
– Con corte mediano: tiempo de disponibilidad inferior o igual a 15 segundos.
– Con corte largo: tiempo de disponibilidad superior a 15 segundos.
□ No automática, cuando la puesta en servicio depende de la acción de un operador.

En el capítulo F "La distribución en BT. 1. Generalidades", pág. F\|35, y "3. Las instalaciones de seguridad y las alimentaciones de sustitución", pág. F\|57 del 1.er Volumen, se exponen las necesidades y las posibles alternativas de solución.

Ramificación y subdivisión de las instalaciones
Toda instalación debe subdividirse, en función de las necesidades, con el fin de facilitar los objetivos de:
■ Limitar el peligro, para que no tenga entidad, y reducir las consecuencias de un defecto.
■ Facilitar la verificación, el ensayo, el mantenimiento y la localización de los elementos y perturbaciones.
■ Limitar las consecuencias del fallo de una carga o de un propio circuito, para que no afecten a otras cargas o circuitos.

En el capítulo F "La distribución en BT", apartado 1. "Generalidades", pág. F\|35, y apartado 2 "La calidad de la energía eléctrica", pág. F\|39 del 1.er Volumen. En el capítulo J, apartado 14 "Los SAI (sistemas de alimentación ininterrumpida)", pág. J\|725, y enel apartado 16 "Aparamenta para múltiples alimentaciones", pág. J\|789, del 3.er Volumen, se exponen las necesidades y las posibles alternativas de solución.

Las influencias externas a las que la instalación está sometida
Las condiciones ambientales a que ha de estar sometida la instalación, de forma total a parcial, deben tenerse en cuenta en el momento de calcular la instalación, en la elección de los materiales, en las prescripciones de control y en el diseño del mantenimiento preventivo.

En el capítulo F, apartado 8 "Las influencias externas", página F\|331 del 1.er Volumen, las necesidades y las posibles alternativas de solución.

La compatibilidad de sus materiales
En el diseño de la instalación debemos tener en consideración las características de las cargas, que sean susceptibles de tener efectos nocivos sobre los materiales, o sobre otras cargas, o sobre programas, o de la alteración del correcto funcionamiento de la fuente de alimentación, por ejemplo:
■ Las sobretensiones transitorias.
■ Las variaciones rápidas de potencia.
■ Las intensidades de arranque.
■ Los armónicos.
■ Las componentes continuas.
■ Las oscilaciones de alta frecuencia.

- Las corrientes de fuga.
- Las necesidades de conexiones complementarias a tierra.
- Las interferencias electromagnéticas.

De una forma global en el capítulo F, apartado 2.2. "La calidad de la energía eléctrica", pág. F\|41, en el capítulo F, apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", pág. F\|264 del 1.er Volumen, y de una forma más concreta en el capítulo G, apartado 7.1. "Particularidades en la puesta en servicio de interruptores diferenciales DDR", pág. G\|214, capítulo H1, apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", pág. H1\|157, H2, apartado 4. "Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones", pág. H2\|249, del 2.º Volumen, capítulo K, apartado 4 "Qué debemos controlar para determinar la calidad de la energía eléctrica", pág. K\|237, del 4.º Volumen, se exponen las necesidades y las posibles alternativas de solución.

Las verificaciones

Las verificaciones, desde un punto de vista de la legalización de las instalaciones, han sido desarrolladas en el capítulo B, apartado 2.4. "Legalización de las instalaciones", pág. B/20 del 1.er Volumen. Se prevé realizar un apartado donde se indique el cómo y el cuándo se deben realizar las verificaciones de las instalaciones eléctricas en edificios, para mantenerse en las "REGLAS DEL BUEN HACER", de forma adjunta al capítulo N.

En estos momentos el capítulo N está en preparación.

2. Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad

Las prescripciones para garantizar la seguridad se basan en el espíritu de las normativas IEC, CENELEC, UNE y UNE-EN.
La exposición actual no pretende sustituir la normativa, sino poder presentar una visión conjunta de todas las normas que afectan a este fin.
La normativa tiene una actualización constante que esta obra no dispone, por tanto siempre se deberá consultar la normativa vigente en el momento de efectuar cualquier utilización.

2.1. Las medidas de protección contra los choque eléctricos. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-41. 1996-04, IEC 61140. Segunda edición 1997-11 y la UNE 20460-4-41 de 1998.
Aplicación de las medidas de protección para garantizar la seguridad. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-47. 1981+A1:1993, y la UNE 20460-4-47 de 1996.
Elección de las medidas de protección en función de las influencias externas. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-481. Primera edición 1990-07.

2.2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos. Basadas en el espíritu del documento HD 384-4-42 S1. 1996-04 y la UNE 20460-4-42 de 1990-09.
Elección de las medidas de protección contra incendios en función de las influencias externas. Basadas en el espíritu del documento HD 384-4-482 S1 y la UNE 20460-4-482 de 1990.

2.3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades. Basadas en el espíritu del documento HD 384-4-43 S1 y la UNE 20460-4-43 de 1990. Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-473. 1977+A1:1988-11, y la UNE 20460-4-473 de 1990.

2.4. Las medidas de protección contra las sobretensiones. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-442. Primera edición 1993-02 y la UNE 20460-4-442 de 1999.
Las medidas de protección contra las sobretensiones de origen atmosférico. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-443. Segunda edición 1995-04.

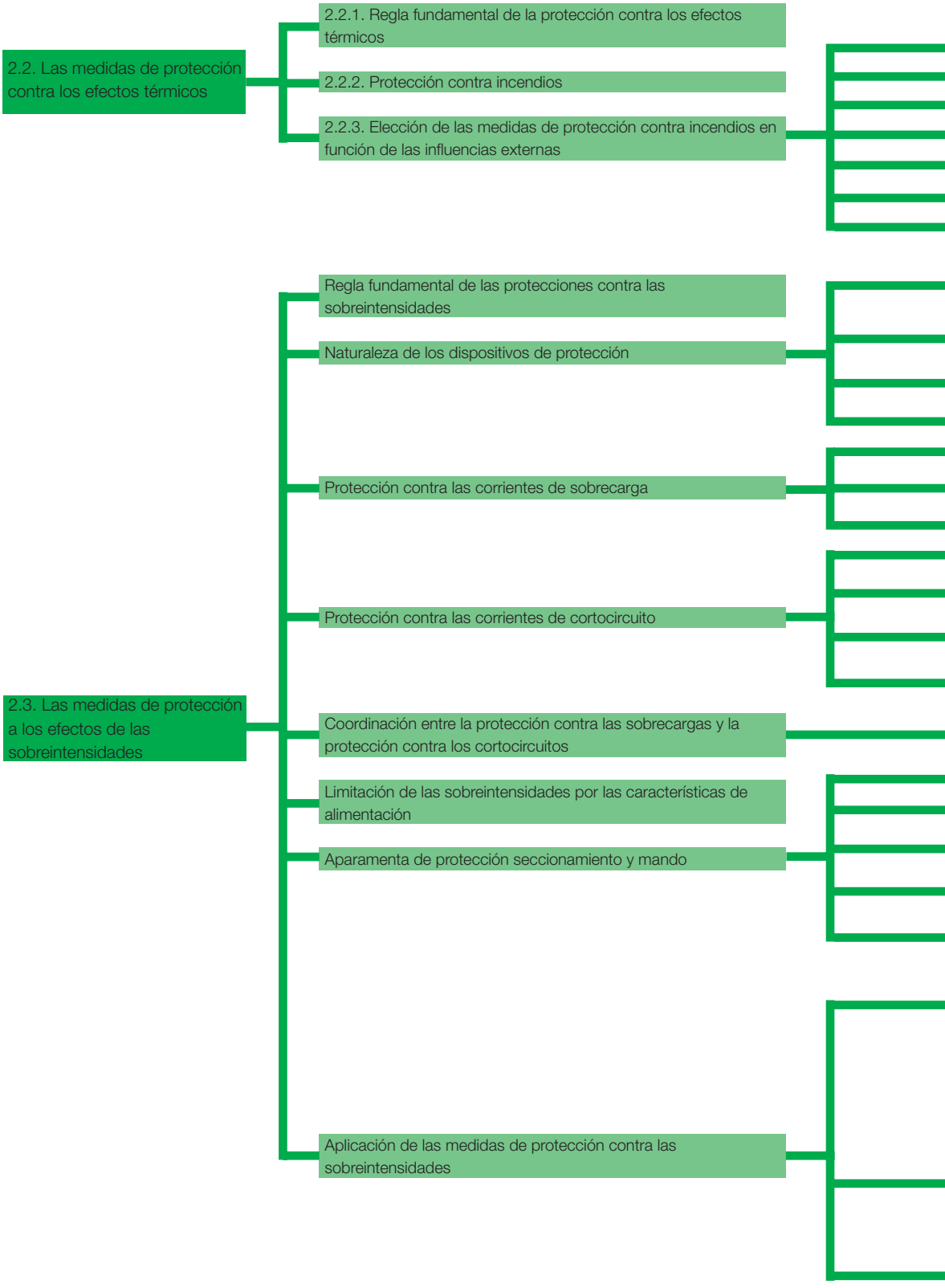
2.5. Las medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas (IEM) en los edificios. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-44. Primera edición 1996-04.

2.6. Las medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-4-45. 1984 y la UNE 20460-4-45 de 1990.

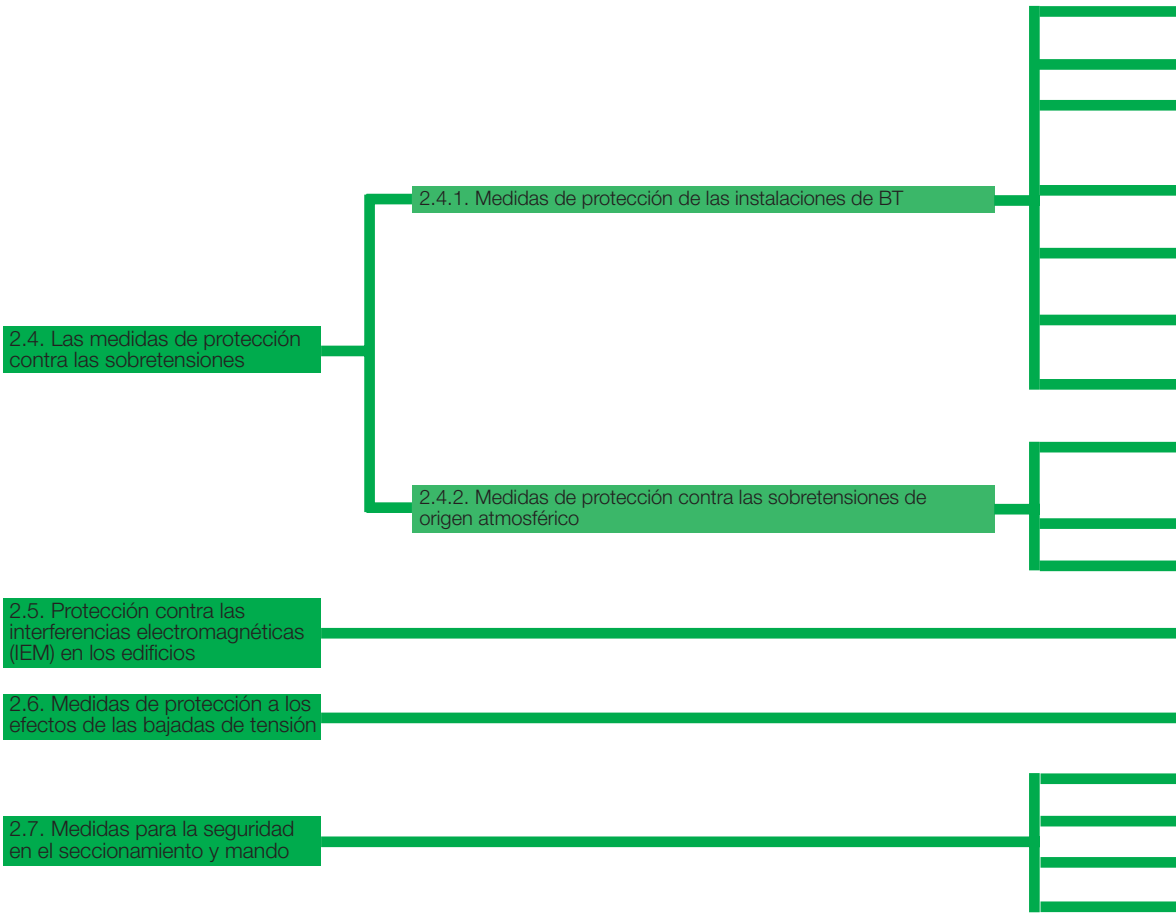
2.7. Las medidas de protección para la seguridad en el seccionamiento y mando. Basadas en el espíritu del documento HD 384-4-46 S1 y la UNE 20460-4-46 de 1990.


2.1. Medidas de protección contra los choques eléctricos
2.1.1. Protección contra los contactos directos y los indirectos
Limitación de la tensión
Limitación al contacto de la corriente en régimen permanente y de la carga eléctrica
2.1.2. Protección contra los choques eléctricos en servicio normal
La protección principal
Aislamiento principal
Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial-residual
2.1.3. Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto
Condiciones de simple defecto
Protección por dos disposiciones de protección independientes
Protección por medidas de protección refundidas
Disposiciones de protección en caso de defecto
2.1.4. Coordinación de los materiales eléctricos y de medidas de protección con la instalación eléctrica
Material de clase 01
Material de clase I
Material de clase II
Material de clase III
Corrientes de fuga
2.1.5. Condiciones particulares de funcionamiento
Dispositivos de maniobra manual y componentes previstos para ser sustituidos manualmente
Valores eléctricos después del seccionamiento de las partes activas
2.1.6. Aplicación de las medidas de protección para garantizar la seguridad
Proteccción contra los contactos directos
Protección contra los contactos indirectos
Protec. contra los contactos directos e indirectos en los circuitos FELV
2.1.7. Elección de las medidas de protección en función de las influencias externas
Medidas de protección contra los contactos directos
Elección de las medidas de protección contra los contactos indirectos

- Fuentes para TBTS (SELV) y TBTP (PELV)
  Condiciones de instalación de los circuitos
  Requisitos para los circuitos TBT (SELV)
  Requisitos para circuitos TBTP (PELV)
- Aislamiento sólido
  - Protección por aislamiento de las partes activas
- Aislamiento gaseoso (aire)
  - Obstáculos
    Barreras o envolventes
    Protección por fuera de alcance por alejamiento
- Protección por corte automático de la instalación
  - Interrupción de la alimentación
    Puestas a tierra y conductores de protección
    Conexiones equipotenciales
    Esquema TT
    Esquema IT
    Esquema TN
- Disposiciones de protección contra los defectos
  - Protección empleando materiales de la clase II o mediante aislamiento equivalente
    Protección en los locales (o emplazamientos) no conductores
    Protección mediante enlaces equipotenciales locales sin conexión a tierra
    Protección mediante seccionamiento eléctrico
- Aislamiento
- Aislamiento
  Uniones equipotenciales de protección
  Superficies accesibles de partes de material aislante
  Conexión de un conductor de protección
- Aislamiento
  Equipotencialidad de protección
  Marcaje
- Tensiones
  Marcaje
- Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser sustituidos por personas ordinarias
- Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser reemplazados por personas cualificadas o advertidas


2.2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos
2.2.1. Regla fundamental de la protección contra los efectos térmicos
2.2.2. Protección contra incendios
2.2.3. Elección de las medidas de protección contra incendios en función de las influencias externas
2.3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades
Regla fundamental de las protecciones contra las sobreintensidades
Naturaleza de los dispositivos de protección
Protección contra las corrientes de sobrecarga
Protección contra las corrientes de cortocircuito
Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos
Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación
Aparamenta de protección seccionamiento y mando
Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades

- Condiciones de evacuación en caso de urgencia
- Naturaleza de las materias tratadas o almacenadas
- Construcciones combustibles
- Estructuras propagadoras de incendio
- Protección por corte de la alimentación
- Protección contra las quemaduras
- Protección contra los sobrecalentamientos
  - Instalaciones de calefacción por circulación de aire
  - Aparatos productores de agua caliente o de vapor
- Dispositivos que aseguran a la vez la protección contra corrientes de sobrecarga y la protección contra las corrientes de cortocircuito
- Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra las corrientes de sobrecarga
- Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra corrientes de cortocircuito
- Características de los dispositivos de protección
- Regla general
- Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección
- Protección de los conductores en paralelo
- Regla general
- Determinación de las corrientes de cortocircuito supuestas
- Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos
- Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo
- Protección asegurada por el mismo dispositivo
- Dispositivos comunes
- Dispositivos de protección contra las sobreintensidades
- Elección de los dispositivos de protección contra sobrecargas
- Elección de los dispositivos de protección contra cortocircuitos
- Notas comunes a los fusibles y a los interruptores automáticos
- A. Protección contra las corrientes de sobrecarga
  - A.1. Emplazamiento de los dispositivos de protección contra las sobrecargas
  - A.2. Omisión de protección contra las sobrecargas
  - A.3. Emplazamiento u omisión de protección contra las sobrecargas en el esquema IT
  - A.4. Casos en los que se recomienda omitir la protección contra las sobrecargas por razones de seguridad
  - A.5. Protección contra la sobrecarga de los conductores en paralelo
  - A.6. Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo
- B. Protección contra las corrientes de cortocircuito
  - B.1. Emplazamientos del dispositivo de protección contra los cortocircuitos
  - B.2. Desplazamientos del dispositivo de protección contra los cortocircuitos
  - B.3. Casos donde se puede omitir la protección contra los cortocircuitos
- C. Disposiciones según la naturaleza de los circuitos
  - C.1. Protección de los conductores de fase
  - C.2. Protección del conductor neutro
  - C.3. Corte y conexión del conductor neutro



Protecciones para garantizar la seguridad

En los capítulos F, G, H1, H2 y K se han expuesto las medidas y los medios para realizar las protecciones para garantizar la seguridad.
En este apartado se intentará exponer la filosofía de diseño y control de las instalaciones, para una certificación de aseguramiento de la calidad en el modelo 3 (Aseguramiento de la calidad por control final del producto).

Las medidas de protección pueden aplicarse al total de una instalación, a una parte de la instalación o a un material.
Si no se pueden cumplir determinadas condiciones de una medida de protección deben adoptarse medidas complementarias que, combinadas con las posibles, den el mismo nivel de seguridad que el de la totalidad de la medida.

Las protecciones de seguridad las catalogaremos en
- Medidas para la protección contra los choques eléctricos.
- Medidas para la protección a los efectos térmicos.



Fig. L2-001: *diagrama de las prescripciones para garantizar la seguridad.*

- Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades.
- Medidas de protección a los efectos de las sobretensiones.
- Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
- Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando.
- Medidas para mantener la calidad de la energía.

2.1. Las medidas de protección contra los choques eléctricos

Regla fundamental de la protección contra los choque eléctricos

Las partes activas peligrosas no deben ser accesibles y las partes conductoras accesibles no deben ser peligrosas:

- Ni en funcionamiento normal. La protección en condiciones normales se asegura por una protección principal (protección contra los contactos directos).
- Ni en caso de defecto. La protección en condiciones de defecto debe ser asegurada por una protección para el caso de defecto.

Las protecciones unificadas útiles para ambos casos, son aplicables.

Ver capítulo G, pág. G/39 “Protección contra los contactos indirectos” del 2.° Volumen.

ITC-BT-24

2.1.1. Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos

Limitación de la tensión

La limitación de la tensión debe asegurar que la tensión de las partes simultáneamente accesibles no superen los límites TBT especificados en la IEC 60449.
Ver capítulo G, pág. G/41 “Empleo de las muy bajas tensiones de seguridad MBTS” del 2.° Volumen.

Fuentes para MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TBTP) (PELV)

■ Un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60742.

Nota: En determinados casos (por ejemplo, pantallas de protección), la protección por MBTP (TBTP) (PELV) depende de las medidas de protección en el primario (por ejemplo, corte automático de la alimentación y medida de protección por MBTP (TBTP) (PELV) en el mismo edificio.

■ Una fuente de energía que asegure un grado de seguridad equivalente al de un transformador de seguridad, segun UNE-EN 60742 (por ejemplo un motor-generador con devanados que presenten una separación equivalente).
■ Una fuente electroquímica (pilas o acumuladores), que no depende o que está provista de una protección por separación de circuitos de tensión más elevada o circuitos MBTF (TBTF) (FELV).
■ Otras fuentes que no dependan de los circuitos MBTF (TBTF) (FELV) o circuitos de tensión más elevada (por ejemplo, un grupo térmico-generador).
■ Determinados dispositivos electrónicos conformes a las correspondientes normas, en los cuales se han adoptado medidas para que, aun en caso de un defecto interno de este dispositivo, la tensión en las bornas de salida no pueda ser superior a los límites de la IEC 60449.
■ Pueden suministrarse valores más elevados con instalaciones en MBTP (TBTP) (PELV), si cuando se producen contactos directos o indirectos, la tensión en las bornas de salida se reduce durante un tiempo correspondiente a los valores de la Tabla L2-003, página L/23.

Nota: La tensión se debe medir con un voltímetro de resistencia interna de 3.000 W como mínimo. Los materiales de ensayo de aislamiento, conformes a los requisitos de las normativas correspondientes, son ejemplos de tales dispositivos.

ITC-BT-36-2-2

Condiciones de instalación de los circuitos

■ Las partes activas de los circuitos MBTS (TBTS) (SELV) Y MBTP (TBTP) (PELV) deben ir provistas de una separación de protección entre ellas, y por una separación de protección de los circuitos MBTF (TBTF) (FELV) y de circuitos de tensión más elevada, de acuerdo con:
□ La separación física de los conductores.
□ Los conductores de los circuitos MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TBTP) (PELV) deben ir provistos, además de su aislamiento principal, de una funda aislante.
□ Los conductores de los circuitos con tensiones diferentes deben ir aislados por una pantalla metálica unida a tierra o por una funda metálica unida a tierra.

Nota: En los tres casos indicados, un aislamiento principal adecuado, de cada uno de los conductores, sólo puede corresponder a la tensión del circuito considerado.

□ Un cable multiconductor o una agrupación de conductores puede contener circuitos con tensiones diferentes, con tal de que los conductores de los circuitos MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TBTP) (PELV) estén aislados, bien individual o colectivamente, para la tensión más elevada que tengan que soportar.
■ Las tomas de corriente para los circuitos MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TBTP) (PELV) deben satisfacer los requisitos siguientes:

□ Los conectores no deben poder entrar en las bases de enchufe alimentadas con tensiones distintas.

Nota: Un esquema MBTF (TBTF) (FELV) se considera que es una tensión distinta.

□ Las bases de enchufe no deben admitir conectores de tensiones distintas.
□ Las bases de enchufe de los circuitos MBTS (TBTS) (SELV) no deben ir provistas de contacto de protección.
□ Los conectores MBTS (TBTS) (SELV) no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTP (TBTP) (PELV).
□ Los conectores MBTP (TBTP) (PELV) no deben poder entrar en las bases de enchufe TBTS (SELV).

Nota: Las tomas de corriente de los circuitos MBTP (TBTP) (PELV) pueden ir provistas de un contacto de protección.

ITC-BT-36-3

Requisitos para los circuitos MBTS (TBTS) (SELV)

■ Las partes activas de los circuitos MBTS (TBTS) (SELV) no deben ir conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos distintos.
■ Las masas no deben conectarse intencionadamente:
□ Ni a tierra.
□ Ni a conductores de protección o masas de circuitos distintos.
□ Ni a elementos conductores; no obstante, para los materiales que por su disposición están fuertemente conectados a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida, si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a la tensión nominal definida en la IEC 60449. Ver capítulo G, pág. G/41 “Empleo de las muy bajas tensiones de protección MBTP” del 2.° Volumen.

Nota: Si hay masas de circuitos MBTS (TBTS) (SELV) que son susceptibles de encontrarse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS (TBTS) (SELV), sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.

■ Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25 V de valor eficaz en CA, o 60 V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos bien:
□ Mediante barreras o envolventes que presenten por lo menos un grado de protección IP2X o IPXXB.
□ Por un aislamiento que pueda soportar una tensión alterna con un valor eficaz de 500 V durante 1 minuto.
Por lo general, cuando la tensión nominal no es superior a 25 V de valor eficaz en CA, o 60 V en CC, sin ondulación, no se requiere ninguna protección contra los contactos directos; no obstante, puede ser necesaria para determinadas condiciones de influencias externas.

Nota: La corriente continua sin ondulación está definida convencionalmente por un porcentaje no superior al 10% del valor eficaz; el valor máximo de cresta no será superior a 140 V para una tensión nominal de 120 V en corriente continua sin ondulación, y de 70 V para una tensión nominal de 60 V en CC, sin ondulación.

ITC-BT-36-4

Requisitos para circuitos MBTP (TBTP) (PELV)

Cuando los circuitos estén conectados a tierra y no se requiera la MBTS (TBTS) (SELV) es conveniente satisfacer las condiciones siguientes:
■ La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada bien:

□ Mediante envolventes que presten un grado de protección, al menos de IP2X o IPXXB.
□ Mediante un aislamiento que pueda soportar una tensión alternativa con un valor eficaz de 500 V durante 1 minuto.
■ A pesar de lo especificado, no se requiere una protección contra los contactos directos para los materiales situados en el interior de un edificio, en el cual las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles, estén conectados a la misma toma de tierra y si la tensión nominal no es superior a:
□ 25 V eff., CA, o 60 V CC, sin ondulación, si el material normalmente se utiliza únicamente en emplazamientos secos y si se prevén contactos importantes de partes activas con el cuerpo humano o de un animal.
□ 6 V eff., CA, o 15 V CC, sin ondulación, en los demás casos.

Nota: Los locales secos son definidos por ADI. Ver Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen.

Protección por limitación al contacto, de la corriente en régimen permanente y de la carga eléctrica

La limitación al contacto, de la corriente de régimen establecido y de la carga eléctrica, debe impedir que las personas o los animales estén sometidos a valores peligrosos.

Nota: Los valores dados en la IEC 61201 son aplicables. Los valores referenciados a continuación son orientativos para CA, de frecuencias hasta 100 Hz.

■ Una corriente en régimen normal, que circula por los conductores activos simultáneamente accesibles, a través de una resistencia de 2.000 Ω, no es peligrosa para las personas, puesto que los valores de 0,5 mA en CA, y 2 mA en CC no superan los umbrales de percepción, ver Fig. G1-011 y Fig. G1-013, página G/38 del 2.º Volumen. Valores de 3,5 mA en CA, y 10 mA en CC pueden utilizarse, según expone la IEC 61140 o UNE-EN 60479-1.
■ Una corriente en régimen normal, que circula por los conductores activos simultáneamente accesibles, a través de una capacitancia no superior a 0,5 μC (umbral de percepción). Pueden utilizarse hasta capacitancias con 50 μC (IEC 61140 o UNE-EN 61140).
■ De común acuerdo con los entes de inspección, estos umbrales pueden superarse manteniendo unos valores de seguridad con respecto a los umbrales de fibrilación (ver Fig. G1-011 y Fig. G1-013, página G/38 del 2.º Volumen, correspondientes a la IEC 60479-1 o UNE-EN 60479-1).
■ Los umbrales especificados en corriente alterna corresponden a una onda senoidal de 15 a 100 Hz. La IEC tiene en estudio umbrales para otras formas de onda y para corrientes alternas con componentes continuas superpuestas.
■ Los equipos de electromedicina pueden necesitar otros umbrales y especificaciones (ver IEC 60601).

2.1.2. Protección contra los choques eléctricos en servicio normal

A fin de satisfacer la regla fundamental de protección contra los choques eléctricos en las condiciones normales, una protección principal (contra los contactos directos) es necesaria. Ver capítulo G, página G/41 “Protección contra los contactos directos” del 2. ° Volumen.

La protección por aislamiento principal

La protección principal debe ubicar una o varias disposiciones que, en las condiciones normales, deben evitar todo contacto con las partes activas (las pinturas, barnices, lacas y productos análogos, no son generalmente considerados productos suficientemente aislantes para proteger de los choques eléctricos, en condiciones normales de funcionamiento).

Ver capítulo G, página G/53 “Protección contra los contactos indirectos” del 2.° Volumen.

Aislamiento principal

Aislamiento sólido

Si se utiliza un aislamiento principal sólido, él debe evitar todo contacto con las partes activas peligrosas:

ITC-BT-24-3-1

■ Protección por aislamiento de las partes activas:

□ Las partes activas deben estar completamente cubiertas por un aislamiento que sólo pueda quitarse por destrucción.

□ Para los materiales producidos en fábrica, el aislamiento debe cumplir los requisitos correspondientes relativos a estos materiales (sus normas de construcción).

□ Para los demás materiales, la protección debe garantizarse mediante un aislamiento que pueda soportar, de forma duradera, las inclemencias a las cuales puede estar sujeto, tales como influencias mecánicas, químicas, eléctricas y térmicas.

Ver capítulo G, página G/47 “Protección por aislamiento de las partes activas” del 2.° Volumen.

Nota: Si el aislamiento se realiza en la instalación, la calidad de este aislamiento debe ser confirmada mediante ensayos análogos a los realizados para verificar el aislamiento de los materiales producidos en fábrica.

Aislamiento fluido

■ Si se utiliza el aire como aislamiento principal:

□ Podemos colocar obstáculos, barreras o envolventes que impidan el contacto con partes activas peligrosas.

□ Podemos situar los conductores activos peligrosos fuera del entorno volumétrico de ser tocados.

■ Obstáculos:

□ Los obstáculos son destinados a proteger las personas cualificadas, pero no para personas no cualificadas.

□ Los obstáculos deben impedir:

– Todo contacto no intencionado de las partes activas peligrosas en BT (1.000 V CA, y 1.500 V CC), durante el funcionamiento normal o en casos especiales de mantenimiento o inspección.

– Toda aproximación física no deseada a las partes activas peligrosas en AT.

□ Los obstáculos pueden ser desmontables sin la necesidad de una llave o útil, pero deben ser fijados de forma que no se puedan retirar involuntariamente.

□ Si los obstáculos son conductores y no tienen otra separación de las partes activas que el aislamiento principal, debe considerarse como una masa, y está sujeto a las condiciones de protección correspondientes a los casos de defecto.

ITC-BT-24-3-2

■ Barreras o envolventes:

□ Las barreras o envolventes deben impedir el acceso a las partes activas peligrosas, asegurando un grado de protección contra los choques eléctricos al menos de IP2X (según la Tabla F8-003, página F/341 del 1.er Volumen). No obstante, si se producen aperturas durante la sustitución de partes, tales como determinados casquillos, tomas de corriente o fusibles, o si se requieren aberturas mayores para permitir el buen funcionamiento de los materiales, de conformidad a sus normas de utilización:

– Deben adoptarse las oportunas precauciones para impedir que las personas o animales de cría toquen accidentalmente las partes activas.

– Debe garantizarse que, en la medida de lo posible, las personas sean conscientes del hecho de que las partes accesibles por las aberturas o aperturas son partes activas y no deben tocarse voluntariamente.

□ Las superficies superiores de las barreras o de las envolventes horizontales, que quedan fácilmente accesibles, deben cumplir por lo menos el grado de protección IP4X o IPXXD.
□ Las barreras y las envolventes deben tener una robustez mecánica suficiente, en función de la actividad del entorno, y deben estar debidamente fijadas (con solidez).
□ Si la concepción de las barreras permite su desplazamiento o la apertura de las envolventes, el acceso a las partes activas peligrosas no debe ser posible más que:
– Con el uso de una llave o un útil o,
– Con la previa desconexión de las partes activas peligrosas, y no debe poderse colocar bajo tensión hasta que las barreras estén fijadas en su lugar y las puertas de la envolvente cerradas.
□ Si disponemos de una barrera intermediaria para mantener el grado de protección ésta no se debe poder mover sin la necesidad de un útil o de una llave.
Ver capítulo G, página G/48 “Protección por medio de barreras o envolventes” del 2.° Volumen.

ITC-BT-24-3-4

■ Protección por fuera de alcance por alejamiento.
Si no es posible la aplicación de las soluciones con obstáculos, barreras o envolventes, sobre los conductores activos peligrosos, puede ser suficiente la separación de los mismos de forma que no puedan ser tocados de forma accidental o simultáneamente:
□ Partes simultáneamente accesibles a potenciales diferentes no deben encontrarse dentro de los límites de accesibilidad de una persona.

Nota: Dos partes se consideran simultáneamente accesibles si no distan más de 2,5 m.

□ Cuando el espacio en el cual se encuentran y circulan habitualmente las personas esté limitado en una dirección horizontal por un obstáculo (por ejemplo, listón de protección, barandilla, panel enrejado), con un grado de protección inferior a IP2X o IPXXB, el volumen de accesibilidad empieza a partir de este obstáculo. En dirección vertical, el volumen de accesibilidad está limitado a 2,5 m a partir de la superficie de tránsito (S), sin tener en cuenta los obstáculos intermedios que presentan un grado de protección inferior a IP2X o IPXXB.

Nota: Las distancias del volumen de accesibilidad suponen un contacto directamente con las manos desnudas sin intermediario (por ejemplo una herramienta o escalera).

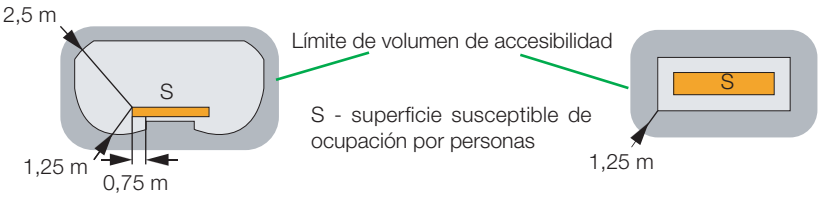


Fig. L2-002: *volumen de accesibilidad.*

□ Si en el entorno de los conductores activos peligrosos, una persona puede acceder con útiles o escaleras, las distancias de separación deben aumentarse y ser objeto de un estudio con los entes de inspección.

ITC-BT-24-3-5

Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial-residual

Nota: La utilización de dispositivos de corriente diferencial-residual sólo sirve para reforzar otras medidas de protección contra los choque eléctricos en servicio normal.

■ El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuya corriente diferencial asignada de funcionamiento es inferior o igual a 30 mA, está reconocido como medida de protección complementaria en servicio normal, en caso de fallo de otras medidas de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia por parte de usuarios.
■ La utilización de tales dispositivos no está reconocida como que constituya por sí misma una medida de protección completa y no exime en absoluto del empleo de una de las medidas de protección enunciadas como aislamiento principal.
Ver capítulo G, apartado 2.2., página G/47 “Medidas de protección complementarias contra los contactos directos” del 2.° Volumen.

2.1.3. Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto

Condiciones de simple defecto

Podemos considerar condiciones de simple defecto, cuando:
■ Una parte activa no peligrosa se convierte en una parte activa peligrosa (ejemplo: por no mantener la limitación de la corriente de contacto en régimen normal y la de la carga eléctrica).
■ Una parte conductora accesible, que no está bajo tensión en régimen normal, se convierte en activa (ejemplo: un defecto de aislamiento entre un elemento conductor y una masa).
■ Una parte activa peligrosa no accesible, se convierte en accesible, a causa de una erosión de la envolvente de protección.
Para satisfacer la regla fundamental en las condiciones de sin defecto, se necesita una protección para el caso de defecto. Esta protección puede realizarse con una medida de protección complementaria, independiente de la medida de protección principal.

Protección por dos disposiciones de protección independientes

■ Cada una de las dos disposiciones de protección independiente deben coordinarse de forma que un defecto no pueda producirse en las condiciones especificadas por la normativa vigente.
■ Las dos disposiciones de protección no deben provocar que el fallo de una altere la otra.
■ Las dos disposiciones de protección independientes debe ser tal que el fallo simultáneo de las dos no pueda producirse, por tanto normalmente ya no se considera.
La confianza se basa en que una de las dos disposiciones es efectiva.
■ Una medida de protección mixta que asegure a la vez una protección principal y una protección en caso de defecto.

Protección por medidas de protección mixtas (refundidas)

Las propiedades de una medida de protección mixta (refundida) deben ser tales que la fiabilidad de esta protección sea la misma que la que aportarían por separado cada una de ellas.

Disposiciones de protección en caso de defecto

El término protección en caso de defecto corresponde generalmente a la protección contra los contactos indirectos, desarrollado en este capítulo de conformidad a la UNE 20464-4-41y IEC 61140.

ITC-BT-24-4-1

Protección por corte automático de la alimentación

Ver capítulo G, apartado 3.2., página G/59 “Medidas de protección por corte automático de la alimentación” del 2.° Volumen.

Notas:

■ El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un riesgo con efecto fisiológico peligroso en una persona. En caso de defecto debido al valor y la duración de la tensión de contacto (ver Fig. G1-011 y Fig. G1-013, página G/38 del 2.º Volumen o IEC 60479, 2.ª edición).

■ Esta medida de protección requiere la coordinación entre los esquemas de las conexiones a tierra, y las características de los conductores de protección y de los dispositivos de protección.

■ Se han establecido requisitos relativos a esta medida de protección y a los tiempos de interrupción, teniendo en cuenta la norma IEC 60479 en el diagrama G1-015, página G/40 del 2.º Volumen.
Se están estudiando requisitos complementarios para la corriente continua.

Interrupción de la alimentación

Un dispositivo de protección contra los contactos indirectos debe separar la alimentación del circuito o del material protegido de tal forma que tras un defecto entre una parte activa y masa, en el circuito o el material, no se pueda mantener una supuesta tensión de contacto, superior a los valores de las tensiones límite convencionales U_L, durante un tiempo suficiente para crear un riesgo de efecto fisiológico peligroso para una persona, en contacto con partes conductoras simultáneamente accesibles.
Sin tener en cuenta el valor de la tensión de contacto, en determinadas circunstancias se admite un tiempo de interrupción no superior a 5 segundos según el esquema de las conexiones a tierra.

Notas:

■ Los valores de las tensiones límite convencionales U_L son de 50 V eff., en CA, y de 120 V en CC, sin ondulación.

■ Pueden prescribirse valores de tiempo de corte y de tensión (incluido U_L) inferiores para instalaciones o locales concretos conforme a las instrucciones contiguas.

■ Los requisitos establecidos son para instalaciones alimentadas en frecuencias comprendidas entre 15 Hz y 100 Hz y para una corriente continua sin ondulación.

■ En el esquema IT, el corte automático, por regla general no se prescribe cuando se trata de un primer defecto.

■ En instalaciones de producción y distribución de energía eléctrica pueden admitirse tiempos de interrupción y de tensión superiores a los requisitos del párrafo.

Puestas a tierra y conductores de protección

Las masas deben conectarse a conductores de protección en condiciones específicas para cada esquema de conexiones a tierra.
Las masas accesibles simultáneamente deben conectarse al mismo sistema de puesta a tierra.
Ver capítulo F, apartado 5, página F/87 “La realización y medida de las puestas a tierra” del 1.er Volumen.

ITC-BT-24-4-4

Conexiones equipotenciales

■ Las partes conductoras accesibles que puedan presentar una tensión de contacto peligrosa, en caso de fallo de la protección principal, por ejemplo las masas y las pantallas de protección, deben estar unidas a la red equipotencial de protección. Una parte conductora de un material eléctrico, que no puede colocarse bajo tensión o puede colocarse bajo tensión a través de una masa, no se considera masa.

■ Los elementos de unión equipotencial de protección deben ser dimensionados para soportar los valores térmicos y dinámicos, que puedan aparecer en caso de corriente de defecto, de forma que no puedan degradar las características del circuito de protección, a causa de un fallo del aislamiento principal.

■ Los elementos de unión equipotencial de protección deben resistir todas las influencias internas y externas, mecánicas, térmicas, corrosivas...

■ Las conexiones conductoras móviles, por ejemplo bisagras y correderas, no deben ser consideradas como parte del circuito equipotencial de protección.

■ Si un componente de una instalación, de un sistema o de unos materiales, es eliminado, las uniones equipotenciales de protección, para todas las partes restantes de la instalación del sistema o de los materiales, no debe ser cortada.

ITC-BT-24-4-5a
ITC-BT-19-2-5
ITC-BT-19-2-7
ITC-BT-06-3-6

■ Las uniones equipotenciales de protección no deben poderse seccionar de su continuidad eléctrica del circuito, o introducir una impedancia significativa en el circuito, a excepción de que en el mismo movimiento, primero se desconecten los conductores activos del circuito que forma parte la unión equipotencial de protección y en sentido contrario, si volvemos a conectar el circuito activo, en el mismo movimiento se debe conectar primero el circuito de unión equipotencial de conexión que los circuitos activos.

¡Atención a las tomas de corriente que no cumplan esta condición!

ITC-BT-19-2-2-4
ITC-BT-26-6-2

Estas condiciones no son aplicables si solamente se pueden ejecutar sin tensión. Los conductores de unión equipotencial de protección aislados o desnudos deben ser identificables por su forma, emplazamiento, marcado o color, a excepción de los conductores que no pueden ser desconectados sin destrucción. Si se utiliza la distinción por color ésta debe ser el bicolor verde amarillo.

ITC-BT-26-3-2/
3-3/3-4/3-5

Conexión equipotencial principal

En cada edificio el conductor principal de protección, el conductor principal de tierra, la borna principal de tierra y los elementos conductores siguientes deben conectarse a la conexión equipotencial principal:

■ Las canalizaciones metálicas de los servicios que penetran en el edificio, por ejemplo agua, gas.

■ Las partes metálicas de la estructura, red de calefacción central o de acondicionamiento por aire.

■ Todos los blindajes metálicos de los conductores de telecomunicación, si los propietarios y los utilizadores de los cables lo permiten.

Cuando tales elementos conductores provengan del exterior del edificio deben conectarse lo más cerca posible a su punto de entrada al edificio.

Conexión equipotencial complementaria

■ Si las condiciones de protección definidas en el párrafo anterior, “conexión equipotencial principal”, no puede cumplirse en una instalación o partes de la instalación, se ha de realizar una conexión local denominada conexión equipotencial complementaria.

Notas:

■ La utilización de conexiones equipotenciales complementarias no exime de la obligación de interrupción de la alimentación por otros motivos, tales como protección contra incendios, limitaciones térmicas de los materiales, etc.

■ Esta conexión equipotencial complementaria puede abarcar toda la instalación, una parte de ésta, un aparato o un emplazamiento. Pueden ser necesarias prescripciones adicionales para emplazamientos especiales o por otros motivos.

■ La conexión equipotencial complementaria debe comprender todos los elementos conductores simultáneamente accesibles, ya se trate de masas de materiales fijos o de elementos conductores, incluidos, en la medida de lo posible, las armaduras principales de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios.

En este sistema equipotencial deben conectarse los conductores de protección de todos los materiales, incluidos los de las tomas de corriente.

Nota: La conexión equipotencial complementaria antes señalada no es adecuada si el suelo no es aislante y no puede incluirse en la conexión equipotencial complementaria.

■ En caso de dudas sobre la eficacia de conexión equipotencial complementaria, debe verificarse, asegurándose de que la resistencia R entre todas las masas consideradas y todo elemento conductor simultáneamente accesible, cumple la siguiente condición:

□ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB1 (secas) $R \leq \frac{50\ V}{I_a}$.

□ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB2 (húmedo) $R \leq \frac{25\ V}{I_a}$.

□ Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB3 (mojado) $R \leq \frac{12\ V}{I_a}$.

Donde:

I_a: es la corriente de funcionamiento del dispositivo de protección.
I_N: para los dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
I_a: corriente de funcionamiento en un tiempo de 5 s para los dispositivos de protección para sobreintensidades.

■ Las uniones equipotenciales de protección deben presentar una impedancia suficientemente baja, para impedir toda diferencia de potencial peligrosa entre las partes, en caso de fallo del aislamiento.

Si no es posible lograr esta condición deben utilizarse dispositivos de corte automático de la alimentación. La diferencia máxima de potencial y su duración se exponen en el diagrama de la fig. G1-015, página G/40 del 2.° Volumen, de conformidad a la IEC 60479-1.

Normalmente se necesita un estudio de los valores relativos de la impedancia del circuito equipotencial de protección de la red.

La diferencia de potencial no se toma en consideración cuando la impedancia del circuito limita la corriente de contacto, en régimen normal, en caso de defecto simple a valores de 3,5 mA eficaces en CA, de hasta 100 Hz y 10 mA en CC, según IEC 60990.

■ Para ciertos entornos y ciertas situaciones, por ejemplo emplazamientos médicos (ver los valores límites en la IEC 60601-1), emplazamientos muy conductores, zonas húmedas y emplazamientos análogos, los valores límite necesitan ser disminuidos.

ITC-BT-24-4-1-2

■ Esquema TT:

□ Todas las masas protegidas por idéntico dispositivo de protección deben conectarse a los conductores de protección y conectarse a idéntica toma de tierra. Si se instalan en serie varios dispositivos de protección, este requisito se aplica por separado a todas las masas protegidas por idéntico dispositivo.

□ Debe ponerse a tierra el punto neutro o, si no existe, un conductor de fase de cada transformador o generador.

□ Debe cumplirse la siguiente condición:

– Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB1 (secas) $R_A \cdot I_a \leqslant 50$ V.

– Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB2 (húmedo) $R_A \cdot I_a \leqslant 25$ V.

– Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB3 (mojado) $R_A \cdot I_a \leqslant 12$ V.

Donde:

R_A: es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a: es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual, (Ia) es la corriente diferencial-residual asignada $I_{\Delta N}$.

Ver capítulo F, apartado A, página F/71 “Los regímenes de neutro” del 1.er Volumen. Capítulo G, apartado 3.2.1., página G/62 “Corte automático con esquema TT” del 2.° Volumen. Capítulo G, apartado 4, página G/81 “Instalación régimen TT” del 2.° Volumen.

En un objetivo de selectividad, los dispositivos temporizados de corriente diferencial-residual (por ejemplo del tipo "S***" pueden utilizarse en serie con dispositivos de corriente diferencial-residual de tipo general. Con el fin de asegurar la selectividad con dispositivos temporizados de corriente diferencial-residual (por ejemplo del tipo "S"), se admite un tiempo de funcionamiento de como máximo igual a 1 segundo en los circuitos de distribución.

□ Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra sobreintensidades, debe ser:

– Bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso, (I_a) debe ser la corriente que asegure el funcionamiento automático en 5 segundos como máximo.

– Bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea, (I_a) debe ser la corriente mínima que asegura el funcionamiento instantáneo.

□ Si no puede cumplirse la condición del párrafo anterior, deben realizarse conexiones equipotenciales complementarias.

□ En el esquema TT se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

– Dispositivos de corriente diferencial-residual.

– Dispositivos de protección contra sobreintensidades.

Ver capítulo G, apartado 4.4, página G/97 "Coordinación de las protecciones diferenciales" del 2.° Volumen.

Notas:

■ Los dispositivos de protección contra sobreintensidades son utilizables para la protección contra los contactos indirectos en esquemas TT, únicamente si las resistencia R_A de las tomas de tierra son de muy bajo valor óhmico.

■ La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales cuando no pueden utilizarse los dispositivos de protección señalados.

ITC-BT-24-1-3

■ Esquema IT:

□ En el esquema IT, la instalación debe aislarse de tierra o conectarse a tierra a través de una impedancia de valor suficientemente elevado. Esta conexión se realiza bien en el punto neutro de la instalación o bien en un punto neutro artificial que puede conectarse directamente a tierra si la impedancia homopolar correspondiente posee un valor suficiente. Cuando no exista ningún punto neutro, un conductor de fase puede conectarse a tierra a través de una impedancia.

En caso de que exista un solo defecto a masa o a tierra, la corriente de defecto es débil y la interrupción no es obligatoria si se cumple la condición del párrafo posterior. No obstante, deben adoptarse medidas para evitar un riesgo de efecto fisiológico peligroso para una persona, en contacto con partes conductoras simultáneamente accesibles, en caso de producirse dos defectos simultáneos.

Ver capítulo F, página F/76 "Esquema IT (neutro aislado)" del 1.er Volumen. Ver capítulo F, página F/77 "Esquema IT (neutro impedante)" del 1.er Volumen.

Nota: Con el fin de reducir las sobretensiones y amortiguar las oscilaciones en la instalación puede ser necesaria la puesta a tierra mediante impedancia o puntos de neutro artificiales; es conveniente que sus características sean adecuadas para las instalaciones.

□ Las masas deben conectarse a tierra, bien individualmente, por grupos o en conjunto.

Nota: En los grandes edificios, tales como los inmuebles de gran altura, las puestas a tierra de los conductores de protección no son posibles por motivos prácticos. La puesta a tierra de masas pueden realizarse mediante enlaces entre los conductores de protección, las masas y los elementos conductores.

Deben cumplir la condición siguiente:
– Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB1 (secas)
$R_A \cdot I_d \leqslant 50$ V.
– Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB2 (húmedo)
$R_A \cdot I_d \leqslant 25$ V.
– Zonas donde el cuerpo humano tiene una resistencia eléctrica BB3 (mojado)
$R_A \cdot I_d \leqslant 12$ V.

Donde:
R_A: es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
I_d: es la corriente de defecto en caso del primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y la masa. El valor de I_d tiene en cuenta corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica.
□ Si se ha previsto un controlador permanente de aislamiento para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o tierra, debe activar una señal acústica y/o una señal visual.

Notas:
■ Se recomienda eliminar el primer defecto en un tiempo lo más corto posible.
■ Es necesario un controlador permanente de aislamiento por motivos distintos a la protección para contactos directos. Para mantener una eficiencia elevada en la continuidad de servicio.

□ Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en el segundo defecto deben ser las siguientes:
a) Cuando se ponga a tierra masas por grupo o individualmente, las condiciones de protección son equivalentes a las del esquema TT, para dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
b) Cuando las masas sean interconectadas mediante un conductor de protección, puestas colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN, que veremos.
Ver capítulo G, apartado 3.2.3, página G/70 “Corte automático al segundo defecto en redes IT” del 2.° Volumen. Capítulo G, apartado 6, página G/149 “Instalaciones en régimen IT” del 2.° Volumen.

□ Deben cumplir la siguiente condición: $\frac{50\ V}{U_0\ (V)} Z_S(\Omega)$.

– Cuando el neutro no está distribuido: $Z_s \leq \frac{U}{2I_a}$.

– Cuando el neutro está distribuido: $Z'_s \leq \frac{U_0}{2I_a}$.

Donde:
U_0: es la tensión nominal entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.
U: es la corriente entre fases, valor eficaz en corriente alterna.
Z_s: es la impedancia del bucle de defecto, constituido por el conductor de fase y el conductor de protección del circuito.
Z'_s: es la impedancia del bucle de defecto, constituido por el conductor neutro y el conductor de protección del circuito.
Ia: es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo t prescrito en la tabla, según el caso o en un margen de como máximo 5 s, en todos los demás circuitos cuando sea admisible ese tiempo.
□ Tiempos máximos de interrupción en el esquema IT (segundo defecto).
Estos valores son los máximos para una situación ambiental BB1 del cuerpo humano.

Tensión nominal en la instalación U_0/U (V)	Tiempo de interrupción en (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
250/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1.000	0,1	0,2

Tabla L2-003: *tiempos máximos de interrupción de las protecciones al segundo defecto en esquema IT.*

Notas:
■ Para las tensiones que están dentro de los límites de tolerancia definidos por la IEC 38, son aplicables los tiempos de interrupción correspondientes a las tensiones nominales.
■ Para los valores intermedios de tensión, debe utilizarse el valor de tensión inmediato superior de la tabla.

□ Si no pueden cumplirse las condiciones del párrafo anterior mediante dispositivos de protección contra sobreintensidades, debe realizarse una conexión equipotencial complementaria.
□ Como variante, debe asegurarse la protección mediante dispositivos de protección de corriente diferencial-residual para cada material de utilización.
□ En el esquema IT, pueden utilizarse los dispositivos de control y de protección siguientes:
– Controladores permanentes de aislamiento.
– Dispositivos de protección contra sobreintensidades.
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

ITC-BT-24-4-1-1

■ Esquema TN:
□ Todas las masas de la instalación deben conectarse al punto de alimentación puesto a tierra, mediante conductores de protección que deben ponerse a tierra en un punto próximo a cada transformador de alimentación o de cada generador. El punto de alimentación puesto a tierra, por lo general, es el punto neutro. Si no existe punto neutro, o no está accesible, debe ponerse a tierra un conductor de fase. En ningún caso el conductor de fase debe servir de conductor PEN.
Ver capítulo F, página F/74 “Esquema TN (puesta a neutro)” del 1.er Volumen. Capítulo G, apartado 3.2.2, página G/65 “Corte automático en sistema TN” del 2.° Volumen. Capítulo G, apartado 5, página G/140 “Instalación en régimen TN” del 2.° Volumen.

Notas:
■ Si existen posibilidades eficaces de puesta a tierra, se recomienda conectar a tierra el conductor de protección en el mayor número posible de puntos.
■ Puede ser necesaria una puesta a tierra múltiple, en puntos uniformemente repartidos, para asegurar que el potencial del conductor de protección permanezca, en caso de defecto, lo más próximo posible al de tierra.
■ En grandes edificios, tales como inmuebles de gran altura, no son posibles puestas a tierra adicionales de los conductores de protección por motivos prácticos. En este caso, las conexiones equipotenciales entre conductores de protección y elementos conductores tienen una función similar.
■ Por idéntico motivo, se recomienda conectar los conductores de protección a tierra en su punto de entrada a un establecimiento.

□ En las instalaciones fijas puede emplearse un solo conductor que actúa al mismo tiempo de conductor de protección y conductor de neutro (PEN), con la reserva de que cumplan CENELEC (HD 384.5.54, artículo 546.2).
□ Las características de los dispositivos de protección y las impedancias de los circuitos deben ser tales que, si en un punto cualquiera se produce un defecto de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, la interrupción automática se produzca en un tiempo como máximo igual al valor especificado.
La condición de que $Z_s \cdot I_a \leqslant U_0$ cumple el requisito. Donde:
Z_s: es la impedancia del bucle de defecto, incluida la fuente, el conductor activo hasta el punto de defecto y el conductor de protección entre el punto de defecto y la fuente.

I_a: es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de interrupción automático en el tiempo definido para la Tabla L2-004, en las condiciones definidas, o en un tiempo convencional no superior a 5 s en las condiciones definidas. En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial-residual, I_a es la corriente de funcionamiento asignada (IΔN).
U_0: es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.
□ Tensiones nominales y tiempos de interrupción máximos en el esquema TN.
Estos valores son los máximos para una situación ambiental del cuerpo humano de BB1.

U_0* (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Tabla L2-004: *tensiones nominales y tiempos de interrupción máximos en el esquema TN.*

Notas:
■ Para las tensiones que están dentro de los límites definidos por la IEC 38 son aplicables los tiempos de interrupción aplicables a las tensiones nominales.
■ Para valores intermedios de tensión, debe utilizarse el valor de tensión inmediato superior indicado en la tabla.

□ Los tiempos de interrupción máximos indicados en la tabla L2-004 se estima que cumplen los requisitos anteriores para los circuitos terminales que alimentan, mediante tomas de corriente o directamente sin toma de corriente, materiales móviles o portátiles de clase "I".
□ Se admite un tiempo convencional no superior a 5 s para circuitos de distribución de los edificios con situaciones ambientales del cuerpo humano de BB1.
Un tiempo de interrupción superior al tiempo establecido en la tabla L2-004, pero no superior a 5 s, se admite para un circuito terminal que alimente únicamente a materiales fijos, con la condición de que, si están conectados a un cuadro idéntico o al circuito de distribución que alimenta este circuito terminal, otros circuitos terminales para los cuales se ha prescrito el tiempo de interrupción de la tabla, debe cumplirse una de las siguientes condiciones:
a) La impedancia del conductor de protección, entre el cuadro de distribución y el punto de conexión del conductor de protección a la conexión equipotencial principal, no debe ser superior a:

– Para entornos del cuerpo humano de BB1: $\frac{50\ V}{U_0\ (V)}\ Z_S(\Omega)$.

– Para entornos del cuerpo humano de BB2: $\frac{25\ V}{U_0\ (V)}\ Z_S(\Omega)$.

– Para entornos del cuerpo humano de BB3: $\frac{12\ V}{U_0\ (V)}\ Z_S(\Omega)$.

b) Una conexión equipotencial conectada al cuadro de distribución, con los mismos tipos de elementos conductores que la conexión equipotencial principal, y cumple los requisitos del parrafo "Conexión equipotencial principal", página L/19, relativos a la conexión equipotencial principal.
□ Si no pueden cumplirse las condiciones prescritas en los tres últimos apartados, con los dispositivos de protección contra sobreintensidades, debe realizarse una conexión equipotencial complementaria (página L/19).
Como variante, la protección debe garantizarse mediante dispositivos diferenciales-residuales.
□ En casos excepcionales en los cuales pueda producirse un defecto entre un conductor de fase y tierra, como por ejemplo en líneas aéreas, debe cumplirse la

condición siguiente, con el fin de que el conductor de protección y las masas conectadas al mismo no puedan presentar una tensión respecto a tierra superior a 50 V en condiciones ambientales del cuerpo humano de BB1, 25 V en BB2 y 12 V en BB3.

$$\text{BB1: } \frac{R_B(\Omega)}{R_E(\Omega)} \leq \frac{50\ (V)}{U_0\ (V) - 50\ (V)} \qquad \text{BB2: } \frac{R_B(\Omega)}{R_E(\Omega)} \leq \frac{25\ (V)}{U_0\ (V) - 25\ (V)}$$

$$\text{BB3: } \frac{R_B(\Omega)}{R_E(\Omega)} \leq \frac{12\ (V)}{U_0\ (V) - 12\ (V)}$$

Donde:
R_B: es la resistencia global de las puestas a tierra en paralelo (incluida la puesta a tierra de la red).
R_E: es la resistencia mínima de contacto a tierra de los elementos conductores no conectados al conductor de protección, mediante los cuales puede producirse un defecto entre fase y tierra.
U_0: es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en CA.
□ En el esquema TN, pueden utilizarse los dispositivos de protección siguientes:
– Dispositivos de protección contra sobreintensidades.
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual; con la reserva de que no se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en el esquema TN-C.
– Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en un esquema TN-C-S, no debe utilizarse un conductor PEN aguas abajo. La conexión del conductor de protección al conductor PEN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.
Con miras a la selectividad, pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo, del tipo "S**" en serie con dispositivos de protección de corriente diferencial-residual de tipo general.
□ Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual para la interrupción automática de un circuito, fuera de la zona de influencia de la conexión equipotencial principal, las masas no deben conectarse a los conductores de protección del esquema TN, sino que deben conectarse a una toma de tierra con una resistencia adecuada para la corriente de funcionamiento del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual. El circuito de este modo protegido, en tal caso, se ha de considerar según el esquema TT y son aplicables las condiciones del esquema TT.

Notas:
■ Fuera de la zona de influencia de la conexión equipotencial principal, pueden aplicarse otras medidas de protección como por ejemplo:
□ Alimentación mediante transformador de aislamiento.
□ Utilización de un aislamiento complementario.
■ La zona de influencia de la conexión equipotencial principal se está estudiando por la IEC.

Disposiciones de protección contra los defectos

El término protección contra los defectos corresponde generalmente a la protección contra las posibles pérdidas de aislamiento, para evitar los contactos directos e indirectos, desarrollado en este capítulo según la UNE 20464-4-41:

ITC-BT-24-4-3

■ Protección empleando materiales de la clase II o mediante aislamiento equivalente. La protección debe asegurarse empleando:

Nota: Esta medida se ha previsto para impedir la aparición de tensiones peligrosas en las partes accesibles de materiales eléctricos cuando se produce un defecto del aislamiento principal.

□ Materiales eléctricos de los siguientes tipos, que hayan sido sometidos a los ensayos de tipo y que hayan sido identificados según las normas aplicables a los mismos:
– Materiales con un aislamiento doble o reforzado (materiales de la Clase II).
– Conjuntos de aparamenta montados en fábrica que posean un aislamiento total (véase la norma EN 60439-1).

Nota: Estos materiales vienen marcados por el símbolo ⧈. UNE-EN 60439-1.7.4.3.2.2.

□ Un aislamiento complementario que recubra los materiales eléctricos que posean sólo un aislamiento principal y montado en el transcurso de la instalación eléctrica; este aislamiento garantiza una seguridad equivalente a la de los materiales conformes al párrafo anterior.

Nota: El símbolo  debe colocarse de forma visible en el exterior e interior de la envolvente.

□ Un aislamiento reforzado que recubra las partes activas descubiertas y montado en el curso de la instalación eléctrica; éste garantiza una seguridad equivalente a la de los materiales eléctricos conformes al párrafo anterior de materiales eléctricos. Tal aislamiento es admisible únicamente cuando, por motivos de construcción, no sea posible la realización del doble aislamiento.

Nota: El símbolo  debe colocarse de forma visible en el exterior e interior de la envolvente.

□ Material eléctrico en funcionamiento.
□ Cuando el material eléctrico que está en funcionamiento, todas las partes conductoras separadas de las partes activas, por sólo un aislamiento principal, deben encerrarse en una envolvente aislante que posea por lo menos el grado de protección IP2X o IPXXB.
□ Las envolventes aislantes deben poder soportar las limitaciones mecánicas, eléctricas o térmicas susceptibles de producirse.
Por lo general, no se considera que los revestimientos de pintura, de barniz y de productos similares cumplan estos requisitos. No obstante, no se excluyen la utilización de envolventes que hayan sido sometidas a los ensayos de este tipo y que estén recubiertos con tales revestimientos, si su empleo es admisible en las normas de producto correspondientes y si tales revestimientos aislantes han sido ensayados en las condiciones de ensayo correspondientes.

Nota: Para requisitos relativos a las líneas de fuga y a las distancias en el aire, véase la norma IEC 60664.

□ Si la envolvente aislante no ha sido previamente ensayada y persisten dudas sobre su eficacia, debe llevarse a cabo un ensayo dieléctrico según las condiciones especificadas en el apartado de “Verificaciones”, página B/20 y siguientes del 1.er Volumen.
□ La envolvente aislante no debe estar atravesada por partes conductoras susceptibles de propagar un potencial. La envolvente no debe ir provista de tornillos de material aislante cuya sustitución por un tornillo metálico pudiera suponer un compromiso para el aislamiento obtenido por la envolvente.

Nota: Cuando sea inevitable que la envolvente aislante sea atravesada por uniones mecánicas (por ejemplo actuadores de aparatos incorporados), éstas deben estar dispuestas de tal forma que la protección contra choques eléctricos no se vea comprendida.

□ Cuando la envolvente esté provista de puertas o tapas que puedan ser abiertas sin ayuda de una herramienta o una llave, todas las partes conductoras que sean accesibles cuando están abiertas la puerta o la tapa, deben ser protegidas por una barrera aislante que posea por lo menos el grado de protección IP2X o IPXXB,

con el fin de impedir a las personas tocar accidentalmente estas partes. Esta barrera aislante sólo debe poder quitarse con ayuda de una llave o de una herramienta.

□ Las partes conductoras encerradas en una envolvente aislante no deben estar conectadas a un conductor de protección. No obstante, pueden adoptarse disposiciones para la conexión de conductores de protección que pasen necesariamente a través de la envolvente. En el interior de la envolvente, tales conductores deben estar aislados como partes activas y los bornes deben estar identificados de forma adecuada.

Las partes conductoras accesibles y las partes intermedias no deben estar conectadas a un conductor de protección, excepto si está previsto por las normas del material de construcción correspondiente.

□ La envolvente no debe perjudicar las condiciones de funcionamiento del material protegido de esta forma.

□ La instalación de los materiales enunciados en el primer apartado (fijación, conexión de los conductores, etc.) debe efectuarse de forma que no perjudique a la protección, así asegurada conforme a las normas de construcción de estos materiales.

ITC-BT-24-4-3

■ Protección en los locales o emplazamientos no conductores.

Esta medida de protección está destinada a impedir todo contacto simultáneo con partes que puedan estar a potenciales diferentes, debido a un defecto del aislamiento principal de partes activas.

El empleo de materiales de Clase 0 está permitido si se cumplen todas las condiciones siguientes:

□ Las masas deben estar dispuestas de forma que, en condiciones normales, las personas no puedan ponerse en contacto simultáneo:

– Bien con dos masas.

– Bien con una masa y cualquier elemento conductor.

Si tales elementos son susceptibles de estar a potenciales diferentes, en caso de defectos del aislamiento principal de las partes activas.

□ En tales locales (o emplazamientos), no deben preverse ningún conductor de protección.

□ Se considera que cumplen los requisitos del primer párrafo, si el emplazamiento posee paredes y un suelo aislantes y si cumple una o varias de las condiciones a continuación señaladas:

a) Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores así como de las masas entre ellas. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de por lo menos 2 m, pudiendo reducirse esta distancia a 1,25 m por fuera del volumen de accesibilidad.

b) Interposición de obstáculos eficaces entre las masas y los elementos conductores. Tales obstáculos están considerados suficientemente eficaces si mantienen la distancia a salvar, dentro de los valores indicados en el punto a) anterior. Tales obstáculos no deben conectarse ni a tierra ni a masas en la medida de lo posible; deben ser de material aislante.

c) Aislamiento o disposición aislada de los conductores. El aislamiento debe poseer una rigidez mecánica suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de por lo menos 2.000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.

□ Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:

– 50 kΩ, si la tensión de la instalación no es superior a 500 V.

– 100 kΩ, si la tensión de la instalación es superior a 500 V.

Mediciones realizadas según el apartado “Medición de la resistencia entre las paredes y los suelos y el conductor de protección (tierra)”, página B/31 del 1.er Volumen.

Nota: Si la resistencia es inferior, en todo punto, al valor prescrito, estas paredes y estos suelos están considerados elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra los choques eléctricos.

□ Las disposiciones adoptadas deben ser duraderas y no deben poder utilizarse. Asimismo, deben garantizar la protección de los materiales móviles cuando se considere la utilización de éstos.

Notas:
■ Se llama la atención sobre el riesgo de introducción posterior, en instalaciones eléctricas no estrictamente vigiladas, de otras partes (por ejemplo, materiales móviles de la Clase I) o elementos conductores tales como canalizaciones de agua metálicas) susceptibles de anular la conformidad con el párrafo.
■ Es importante vigilar que la humedad no pueda comprometer el aislamiento de paredes y suelos.

□ Deben adoptarse disposiciones para evitar que elementos conductores puedan propagar potenciales fuera del emplazamiento considerado.

ITC-BT-24-4-4

■ Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra.

Nota: Una conexión equipotencial local no conectada a tierra está destinada a impedir la aparición de una tensión de contacto peligrosa.

□ Conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores simultáneamente accesibles.
□ La conexión equipotencial local de este modo realizada no debe estar en conexión con la tierra ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

Nota: Si no puede cumplirse este requisito, es aplicable la protección mediante interrupción automática de la alimentación.

□ Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado, sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, esté conectado a la conexión equipotencial local.

ITC-BT-14-4-5

■ Protección mediante separación eléctrica.

Nota: El seccionamiento eléctrico, para un circuito individual, está destinado a impedir los choques eléctricos debidos a un contacto con las masas, que puedan ponerse en tensión en el caso de defecto del aislamiento principal del circuito.

La protección por seccionamiento eléctrico debe asegurarse respetando el conjunto de requisitos:
□ Cuando el circuito seccionado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben estar conectadas ni a un conductor de protección ni a masas de otros circuitos.

Nota: Si las masas de los circuitos seccionados son susceptibles de estar en contacto, bien de hecho o bien fortuitamente con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no está basada en la sola medida de protección por seccionamiento eléctrico, sino en las medidas de protección correspondientes a dichas masas.

□ Si se adoptan precauciones para proteger el circuito secundario contra todo tipo de daños y fallo de aislamiento, una fuente de seccionamiento, conforme a lo descrito, puede alimentar a varios aparatos, siempre que se cumplan todas las prescripciones del apartado:
– Las masas del circuito seccionado deben estar conectadas entre ellas mediante conductores de equipotencialidad aislados no conectados a tierra.
Tales conductores no deben estar conectados ni a conductores de equipotencialidad aislados no conectados a tierra. Ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos ni a elementos conductores.

– Todas las bases de tomas de corriente deben estar provistas de un contacto de tierra que debe conectarse a un conductor de equipotencialidad previsto en el párrafo anterior.
– A excepción de los cables que alimentan materiales de la Clase II, todos los cables flexibles deben ir provistos de un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.
– En el caso de dos defectos francos que abarquen a masas y estén alimentados por dos conductores de polaridad distinta, un dispositivo de protección debe asegurar la interrupción en un tiempo máximo igual al fijado en la Tabla L2-003, página L/23.

Nota: Se recomienda que el producto de la tensión nominal del circuito, en voltios, por la longitud de la canalización, en metros, no sea superior a 100.000, y que la longitud de la canalización no sea superior a 500 m.

□ El circuito debe alimentarse a través de una fuente de seccionamiento, es decir:
– Un transformador de aislamiento.
– Una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento antes especificado, por ejemplo un grupo motor-generador que posea devanados que proporcionen un seccionamiento equivalente.
Las fuentes de seccionamiento móviles conectadas a una red de alimentación deben elegirse o instalarse conforme a los requisitos del apartado “Protección empleando materiales de la Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25.
Las fuentes de seccionamiento fijas deben:
– Elegirse o instalarse de conformidad al apartado “Protección empleando materiales de la Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25.
– O bien deben ser tales que el circuito secundario quede seccionado del circuito primario y de la envolvente por un aislamiento que cumpla las condiciones del apartado “Protección empleando materiales de la Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25; si tal fuente alimenta a varios aparatos, las masas de éstos no deben conectarse a la envolvente metálica de la fuente.
□ La tensión nominal del circuito seccionado no debe ser superior a 500 V.
□ Las partes activas del circuito seccionado no deben tener un punto común con otro circuito ni ningún punto conectado a tierra.
Con el fin de evitar los riesgos de los defectos a tierra, debe prestarse una especial atención al aislamiento de las partes respecto a tierra, concretamente en lo que respecta a los cables flexibles.
Las disposiciones adoptadas deben garantizar un seccionamiento por lo menos equivalente al que existe entre los circuitos secundario y primario de un transformador de aislamiento de los circuitos.

Nota: En concreto, es necesario un seccionamiento eléctrico entre las partes activas de los materiales eléctricos tales como relés, contactores, elementos auxiliares de mando y toda otra parte de un circuito activo.

□ Los cables flexibles, susceptibles de sufrir algún daño, deben ser visibles en toda su longitud. UNE 20460-4-46 y UNE 20413-5-14.
□ Para los circuitos seccionados se recomienda utilizar canalizaciones distintas. Si no puede evitarse el empleo de los conductores de una misma canalización para circuitos seccionados y otros circuitos, deben emplearse cables muticonductores sin ningún tipo de revestimiento metálico o conductores aislados colocados en canaletas o conductos aislantes, con la reserva de que estos cables y conductores sean especificados para una tensión por lo menos igual a la tensión más elevada que interviene y que cada circuito esté protegido contra sobreintensidades.

2.1.4. Coordinación de los materiales eléctricos y de medidas de protección con la instalación eléctrica

■ La protección es asegurada por una combinación entre las disposiciones constructivas de los materiales, sus dispositivos y la puesta en servicio. Es recomendable que los prescriptores técnicos y los instaladores utilicen las medidas de protección descritas en el apartado 2.1.1. “Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos”, página L/12, y 2.1.2. “Protección contra los choques eléctricos en servicio normal”, página L/14.

■ Los materiales son clasificados en función de su aislamiento y de las posibilidades de su utilización de conformidad a las disposiciones de protección que ofrecen.
Las diversas clases de materiales las exponemos en este apartado (ver también la Tabla L2-005, página L/33).

■ Si no es posible clasificar los materiales de esta forma, los comités técnicos deben dar valores específicos de métodos apropiados de instalación de estos productos.

■ Para ciertos materiales, la conformidad a la clasificación no puede ser realizada después de la instalación, por ejemplo si la instalación impide el acceso a partes activas. En este caso, deben formularse instrucciones apropiadas por el instalador o por los prescriptores.

■ Las prescripciones relativas a la coordinación de materiales eléctricos y sus disposiciones de protección se dan en el apartado “Corrientes de fuga”.

Material de clase 0

Material en donde el aislamiento principal es la disposición de protección principal y no presenta disposiciones de protección en caso de defecto.

Aislamiento

Las partes conductoras que no son separadas de partes activas peligrosas o por lo menos un aislamiento principal deben ser consideradas como partes activas peligrosas.

Material de clase I

Material donde el aislamiento genérico es la disposición de protección principal y donde la equipontencialidad de protección asegura la protección contra los defectos.

Aislamiento

Las partes conductoras que no son separadas de las partes activas peligrosas, por lo menos por un aislamiento principal, deben ser consideradas como partes activas peligrosas. Es también aplicable a partes conductoras separadas por un aislamiento principal y que son unidas a partes activas peligrosas por componentes no conocidos, por estar sometidos a los mismos parámetros que el aislamiento principal.

Uniones equipotenciales de protección

■ Las masas de los materiales deben ser conectadas al borne de equipotencialidad de protección.

■ Las partes recubiertas de pintura, barnices, lacas y productos análogos son considerados masas.

■ Las partes conductoras que pueden ser tocadas no se consideran masas si ellas están separadas de partes activas peligrosas por una separación de protección.

Superficies accesibles de partes de material aislante

Si en un material las partes accesibles no son todas de material conductor, las prescripciones siguientes son aplicables a partes accesibles de material aislante.

ITC-BT-26-3-2

■ Las superficies accesibles de partes de material aislante que:
□ Son concebidas para ser cogidas.
□ Son susceptibles de situarse en contacto con superficies conductoras capaces de transmitir un potencial peligroso.
□ Superficies (superiores a 50 mm · 50 mm) que pueden devenirse en un contacto significativo para el cuerpo humano.
□ Estos materiales son utilizados en zonas de alta polución muy conductora, deben ser separadas de partes activas peligrosas por:
– Un aislamiento doble o mixto.
– Un aislamiento principal y una protección por pantalla.
– Una combinación de disposiciones.
■ Las demás superficies de partes accesibles en material aislante deben ser separadas de la partes activas peligrosas, por lo menos por un aislamiento principal.
Por los materiales concebidos como parte fija de la instalación, el aislamiento principal debe ser instalado por el constructor o el instalador, bajo las prescripciones del constructor o del prescriptor responsable de las instrucciones.
Estas disposiciones se consideran suficientes si las partes accesibles en materia aislante mantienen el aislamiento prescrito.
■ Los comités de inspección pueden imponer prescripciones más severas que un aislamiento principal, para ciertas partes accesibles de material aislante (por ejemplo: partes que pueden ser tocadas muy frecuentemente, tales como las manecillas de maniobra), teniendo en cuenta la superficie de contacto con el cuerpo humano.

Conexión de un conductor de protección

ITC-BT-26-6-2

■ Las conexiones del conductor de protección, a excepción de las bases y clavijas, deben ser claramente identificables, sea por el símbolo n.º 5019 de la IEC 60417-2, sea por las letras PE, o por la combinación bicolor verde-amarillo.
La identificación no debe ser situada o fijada por tornillo, en arandelas u otras partes que puedan ser aflojadas en la conexión de los conductores.
■ Para los materiales conectados con conductores flexibles se deben tomar disposiciones para que el conductor de protección del cable, en caso de defecto del dispositivo de fijación, sea el último en ser desconectado.

Material de clase II

Material donde:
■ El aislamiento principal es la medida de protección principal.
■ El aislamiento suplementario es la medida de protección en caso de defecto.
■ La protección principal y la protección en caso de defecto son aseguradas por un doble aislamiento o mixto.

Aislamiento

■ Las partes conductoras accesibles y las superficies accesibles de partes en material aislante deben ser:
□ Separadas de las partes activas peligrosas por un doble aislamiento o mixta.
□ Concebidas por construcción para asegurar una protección equivalente, por ejemplo impedancia de protección.
Para los materiales concebidos como una parte fija de la instalación, esta prescripción debe cumplirse si el material es instalado convenientemente. Esto significa que el aislamiento (principal, suplementario o mixto) y la impedancia de protección, si es necesaria, sean instaladas por el constructor o el instalador, segun las instrucciones del constructor o del prescriptor responsable.
Las disposiciones que aseguran una protección equivalente en caso de defecto pueden ser definidas por los comités de inspección en función de las prescripciones de la naturaleza y aplicación de los materiales.

■ Las partes conductoras que son separadas de las partes activas peligrosas por un aislamiento principal, o por una protección equivalente con disposiciones propias del constructor, deben ser separadas de las superficies accesibles por un aislamiento suplementario, o por un aislamiento equivalente definido por las disposiciones constructivas del propio constructor.
Las partes conductoras que no son separadas de las partes activas peligrosas por lo menos con un aislamiento principal, deben ser consideradas como partes activas peligrosas, es decir que deben ser separadas de superficies accesibles.
■ La tornillería de las envolventes, susceptible de ser desmontada en la instalación, debe ser de material aislante y no se debe poder sustituir por materiales no aislantes.

Equipotencialidad de protección
Los elementos conductores susceptibles de ser tocados y las partes intermedias no deben ser unidas intencionadamente a cualquier dispositivo de conexión o conductor de protección:
■ Si el material está provisto de dispositivos que mantienen la continuidad de las uniones equipotenciales de protección, y si este material satisface todas las demás condiciones de la clase II, estos dispositivos deben ser:
□ Aislados de las partes activas y de las partes conductoras accesibles por un aislamiento principal.
□ Marcado como material de clase I.
El material no debe ser marcado con el símbolo n.º 5172 ⧈.
■ Los materiales de clase II no pueden estar dotados de medios de conexión a tierra funcional (distinta a la tierra de protección). Esta necesidad es recogida en la norma IEC de referencia. Estos medios deben estar aislados de partes activas por una doble aislamiento o mixto.

Marcaje
Los materiales de clase II deben estar marcados por el símbolo gráfico n.º 5172 ⧈ de la IEC 60417-2, situado con la marca de alimentación, por ejemplo sobre la placa de identificación, de forma que el símbolo sea una información técnica evidente y que en cualquier caso no puede existir confusión con el nombre del constructor u otras indicaciones.

Material de clase III
Material donde la fiabilidad se apoya sobre una limitación de la tensión TBT como medida de protección principal y sin medidas para la protección en caso de defecto.

Tensiones
■ El material debe estar concebido para estar conectado bajo una tensión nominal no superior a 50 V en corriente alterna o 120 V en corriente continua (llana):
□ La corriente continua llana se define como una corriente con una ondulación inferior al 10% de la componente continua. Los valores máximos por tensiones no sinusoidales en corriente alterna están en estudio.
□ En conformidad al apartado 2.1.1. “Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos”, página L/12, un material de clase III sólo puede conectarse a fuentes MBTS o MBTP.
■ Los circuitos internos pueden funcionar bajo cualquier tensión nominal que no sobrepase los límites prescritos en el párrafo anterior.
■ En el caso de un defecto simple en el material, cualquier tensión de contacto permanente que pueda aparecer o generarse, no debe superar los límites de 50 V en CA, o de 120 V en CC (lisa).

Equipotencialidad de protección

Los materiales de clase III no deben ser ensayados con conexiones al conductor de protección. Pero estos materiales pueden ser ensayados con una conexión funcional a tierra (esta tierra no es la misma que la de protección), si la normativa de construcción del material lo define. En todos los casos, cualquier disposición para las conexiones de partes activas a tierra debe ensayarse en el material.

Marcaje

El material debe estar marcado por el símbolo gráfico n.º 5180  de la IEC 60417-2. Esta prescripción no es aplicable si los medios de conexión a la alimentación son previstos para una sola alimentación con MBTS o MBTP.

■ Puesta en servicio de materiales en una instalación.

ITC-BT-43-2-2

Clase de materiales	Marcas del material o instrucciones	Condiciones de conexión de los materiales a instalaciones
Clase 0	Utilización en un entorno no conductor Utilización con protección por separación eléctrica	Entorno no conductor Separación eléctrica asegurada individualmente por cada material
Clase I	Marcaje del borne de equipotencialidad de protección con el símbolo n.º 5019 de la IEC 60417-2 o las letras PE o la doble coloración verde-amarillo 	Unir este borne a la unión equipotencial y de puesta a la tierra existente
Clase II	Marcaje con el símbolo n.º 5172 de la IEC 60417-2 (doble cuadro) 	No es necesario considerarlas en las disposiciones relativas a la instalación
Clase III	Marcaje con el símbolo n.º 5180 de la IEC 60417-2 (cifra romana III dentro de un diamante) 	Solo para esquemas TBTS o TBTP

Tabla L2-005: *coordinación de materiales.*

Corrientes de fuga

Ver IEC 61140, enmienda[1].

2.1.5. Condiciones particulares de funcionamiento

Dispositivos de maniobra manual y componentes previstos para ser sustituidos manualmente

■ Dispositivos con necesidad de rearme (interruptores automáticos, dispositivos contra las sobreintensidades, sobretensiones y las bajadas de tensión).

■ Componentes intercambiables (lámparas, fusibles...).

Por el restablecimiento de la función de la instalación, por la red o los materiales (párrafo “Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser sustituidos por personas ordinarias”, a continuación), es también aplicable para el mantenimiento de la instalación por el utilizador.

Nota: Para todo este manual, “manualmente” significa “a mano, con o sin la ayuda de un útil”.

Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser sustituidos por personas ordinarias

La protección contra todo contacto con las partes activas peligrosas debe ser mantenida durante la manipulación de los dispositivos o la sustitución de los componentes.

Es conocido que ciertos casquillos de lámparas o portafusibles, conformes a normas antiguas, no satisfacen esta condición de reemplazamiento de componentes:

■ Si una instalación, red o material conlleva dispositivos manuales o componentes de sustitución manual, estos dispositivos y componentes deben ser emplazados en un lugar en el que no se pueda acceder a partes activas peligrosas.

■ Si no podemos garantizar el cumplimiento de los párrafos anteriores, debemos situar seccionadores en las partes activas peligrosas, antes del acceso a las mismas.

ITC-BT-01

Dispositivos a maniobra manual o componentes destinados a ser reemplazados por personas cualificadas o advertidas

La protección contra todo acceso fortuito a partes activas peligrosas debe ser asegurado por conformidad a los párrafos “Emplazamiento de los dispositivos y de los componentes” y “Accesibilidad y maniobra” a continuación:

■ Si no hay ni barreras ni envolventes.

■ Si las barreras o envolventes no pueden ser abiertas por personas cualificadas o advertidas para acceder a dispositivos de maniobra o a componentes reemplazables manualmente.

Nota: Los comités de inspección pueden limitar la aplicación de este párrafo o imponer prescripciones complementarias y especificar el tipo de maniobra manual para la cual esta protección es permitida.

■ Emplazamiento de los dispositivos y de los componentes.

El material debe ser concebido y montado de forma que los dispositivos y los componentes sean accesibles y visibles por una persona en situación de manipulador.

Si la posición de montaje de un material dificulta la visibilidad o el acceso a los dispositivos o a los componentes y conlleva un peligro, entonces la posición de montaje prescrita debe ser controlada.

■ Accesibilidad y maniobra.

El camino de accesibilidad a los dispositivos y el espacio necesario de maniobra deben ser tales que: la protección contra los contactos fortuitos con las partes activas peligrosas sea asegurada por una distancia apropiada. La distancia debe ser especificada por los comités de inspección.

En el caso que las distancias de separación a las partes activas peligrosas no puedan ser suficientes, debemos prever obstáculos. Estos obstáculos deben asegurar la protección contra los choques fortuitos. El grado de protección no debe ser inferior a IP2X de la IEC 60529 para todas las direcciones del entorno al dispositivo a manipular o a los componentes recambiables y no inferior a IP1X de la IEC 60529 en todas las direcciones apropiadas.

ITC-BT-48-2-3

Valores eléctricos después del seccionamiento de las partes activas

Si la protección se basa en el aislamiento por seccionamiento de las partes activas a la apertura de las envolventes o al desplazamiento de los obstáculos. Debemos tener en consideración que las capacidades se han de descargar automáticamente con el seccionamiento, de forma que 5 segundos después del corte, los valores límite de la tensión sean los especificados en el 6.5 de la IEC 61201 no sean sobrepasados. Debe indicarse en un cartel muy visible el tiempo de descarga hasta llegar a los valores límite que no deben ser sobrepasados.

2.1.6. Aplicación de medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

ITC-BT-24-3

A. Protección contra los contactos directos

Todos los materiales eléctricos deberán estar sujetos a una de las medidas de protección contra los contactos descritos en los apartados 2.1.1. “Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos”, página L/12 y 2.1.2. “Protección contra los choques eléctricos en servicio normal”, página L/14.

ITC-BT-24-4

B. Protección contra los contactos indirectos

■ B.1. Con excepción de los casos mencionados en (B2), todo material debe ser objeto de una de las medidas de protección contra los contactos indirectos, descritas en los apartados 2.1.1. “Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos”, página L/12, y 2.1.3. “Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto”, página L/17, y en las condiciones de los apartados B.1.1., B.1.2. y B.1.3.:

□ B.1.1. La medida de protección por corte automático de la alimentación, del apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17, debe ser aplicada a cualquier instalación, excepto para las partes de instalación que son objeto de cualquier otra medida de protección.

□ B.1.2. Cuando las prescripciones del apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17, que se refieren a la protección por corte automático de la alimentación, son irrealizables o no deseables, las medidas de protección por disposición de emplazamientos no conductores (apartado “Protección en locales o emplazamientos no conductores”, página L/27), o por conexiones equipotenciales en locales no conectados a tierra (apartado “Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra”, página L/28) pueden ser aplicadas a ciertas partes de una instalación.

ITC-BT-24-4-3

ITC-BT-24-4-4

ITC-BT-36-3

□ B.1.3. Para ciertos materiales de la instalación o partes de ella, puede aplicarse la protección por muy baja tensión de seguridad (apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), con el uso de material de clase II o aislamiento equivalente (apartado “Protección empleando materiales de clase II o aislamiento equivalente”, página L/25) y por separación eléctrica (apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28).

■ B.2. En caso de falta, está permitido omitir las medidas de protección contra contactos indirectos en los siguientes casos:

□ Soportes de pared de aisladores de líneas aéreas y partes metálicas conectadas a los mismos (accesorios de líneas aéreas) si no están situados al alcance de la mano.

□ Postes de hormigón armado, en los que la armadura de acero no es accesible.

□ Piezas conductoras expuestas que, debido a sus reducidas dimensiones (aproximadamente 50 mm · 50 mm) o a su disposición, no pueden ser cogidas o entrar en contacto con una parte importante del cuerpo humano y siempre que la conexión a un conductor de protección fuera difícilmente realizable o poco fiable.

Nota: Esto se aplica, por ejemplo, a pernos, remaches, placas de características y abrazaderas de fijación del cable.

□ Tubos metálicos u otras envolventes metálicas que protejan el equipo, de acuerdo con el apartado “Protección empleando materiales de Clase II o protección equivalente”, página L/25.

■ B.3. Cuando la protección esté asegurada por el corte automático de la alimentación, se emplearán dispositivos de protección por corte de corriente diferencial residual, con una intensidad nominal de fuga $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA, para proteger las tomas

de corriente de una intensidad asignada que no exceda los 20 A nominales, situadas a la intemperie o a las susceptibles de alimentar equipos portátiles para ser utilizados en la intemperie.

Notas:

■ Cuando una instalación alimenta equipos portátiles utilizados a la intemperie, se recomienda prever uno o varias tomas de corriente, según las necesidades, adecuadamente situadas a la intemperie.

■ Cuando la protección esté asegurada por el corte automático de la alimentación, se recomienda particularmente el empleo de dispositivos de protección de corriente residual diferencial no superiores a 30 mA, de acuerdo con el apartado "Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial residual", página L/16, para alimentar tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 20 A, destinadas a ser utilizadas por personal no cualificado ni experto.

C. Protección contra los contactos directos e indirectos en los circuitos MBTF (FELV)

■ C.1. Si por razones funcionales se utiliza una tensión del campo I[1)], y si no son satisfechas todas las prescripciones del apartado "Limitación de la tensión", página L/12, y si la MBTS y la MBTP no son necesarias, deben ser adoptadas las medidas complementarias indicadas en los apartados siguientes C.2 y C.3, para asegurar la protección contra los contactos directos e indirectos.

1) El campo I comprende:
– Las instalaciones en las que la protección contra los choques eléctricos está garantizada en ciertas condiciones por el valor de la tensión.
– Las instalaciones donde la tensión está limitada por razones funcionales (por ejemplo: instalaciones de telecomunicaciones, señalización, mando, alarma, etc.).

Esta conjunción de medidas se denomina MBTF (Muy Bajas Tensiones de Funcionamiento).

Nota: Se pueden encontrar estas condiciones, por ejemplo, en circuitos que incluyen materiales (tales como transformadores, relés, mandos a distancia, contactores, etc.), que no están aislados conforme a las prescripciones de la separación de protección.

Los circuitos MBTF que incluyen la alimentación deben estar separados de los circuitos de tensión más elevada, por una separación principal.

■ C.2. Protección contra los contactos directos. La protección contra los contactos directos debe estar asegurada por una de las medidas siguientes:

□ Barreras o envolventes de acuerdo al apartado "Barreras o envolventes", página L/15.

□ Un aislamiento correspondiente a la tensión mínima de ensayo prescrita para el circuito primario.

No obstante, si el aislamiento del material perteneciente al circuito MBTF no es capaz de soportar la tensión mínima especificada para el circuito primario, debe ser reforzado el aislamiento de la instalación de forma que pueda soportar una tensión eficaz de 1.500 V CA, durante 1 minuto.

■ C.3. Protección contra contactos indirectos. La protección contra contactos indirectos debe realizarse:

□ En el caso de una instalación sin protección, por corte automático de la alimentación (apartado "Protección por corte automático de la alimentación", página L/17) y alimentando el circuito MBTF, por conexión de las masas del circuito MBTF al conductor de protección de la instalación por el lado de la alimentación.

□ En el caso de una instalación con medida de protección por separación eléctrica (apartado "Protección mediante separación eléctrica", página L/28) y alimentando un circuito MBTF, por conexión de las masas del circuito FELV al conductor de equipotencialidad aislado y no unido a tierra.

■ C.4. Clavijas y tomas de corriente. Las clavijas y tomas de corriente de los circuitos MBTF deben satisfacer las siguientes condiciones:

□ Las clavijas de las tomas de corriente no deben poder ser introducidas a las bases de ningún otro sistema.
□ Las bases de las tomas de corriente no deben permitir la conexión de clavijas de ningún otro sistema.

2.1.7. Elección de las medidas de protección en función de las influencias externas

■ Las prescripciones del apartado D indican las medidas de protección contra los choques eléctricos definidas que se deben aplicar en función de las condiciones de las influencias externas.

Notas:
■ En la práctica, sólo las condiciones de influencia externa siguientes son determinantes para la elección de medidas de protección contra los choques eléctricos:
BA - Cualificación de las personas.
BB - Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
BC - Contactos de las personas con el potencial de la tierra.
■ Las demás condiciones de influencia externa no tienen prácticamente influencia sobre la elección y puesta en servicio de las medidas de protección contra los choques eléctricos, pero se deben tomar en consideración para la elección de los materiales.

■ Puesto que para una combinación dada de influencias externas, varias medidas de protección son adecuadas, la elección de la medida apropiada depende de las condiciones locales y de la naturaleza de los materiales de la instalación.

Nota: Para instalaciones particulares o locales particulares, ver la IEC 60364-7.

D. Medidas de protección contra los contactos directos

■ D.1. Las medidas de protección por aislamiento de las partes activas (ver apartado “Protección por aislamiento principal”, página L/14) y por barreras o envolventes (ver apartado “Barreras o envolventes”, página L/15), son aplicables con todas las condiciones de influencias externas.
■ D.2. Las medidas de protección por colocación de obstáculos (ver apartado “Obstáculos”, página L/15), o por el alejamiento de partes activas (ver apartado “Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento”, página L/16), se admiten solamente en locales de acceso sólo para personas advertidas (BA 4) o cualificadas (BA 5) y si se cumplen las condiciones siguientes:
□ Si la tensión nominal de los circuitos de tales locales o emplazamientos no es superior al límite de tensión (II).
□ Las reglas enunciadas en los apartados (D.4.1. y D.4.3.) deben cumplirse en los casos considerados.
□ Los locales o emplazamientos deben ser señalizados de forma clara y visibles con las señales adecuadas.
■ D.3. Una protección contra los contactos directos no es necesaria en los locales de acceso exclusivo a personas advertidas (BA 4) o cualificadas (BA 5) especialmente instruidas para los peligros y si las condiciones siguiente se cumplen simultáneamente:
□ Si los locales o emplazamientos son señalizados de forma clara y visibles con las señales adecuadas y no es posible acceder sin necesitar medios especiales.
□ Si las puertas de entrada a los locales o emplazamientos permiten un fácil salida al exterior, y pueden ser abiertas sin llave desde el interior y cerrarlas con llave desde el exterior.
□ Si los pasillos de acceso mantienen las cotas mínimas expresadas en los apartados (D.4.2. y D.4.3.).
■ D.4. Distancias mínimas de los pasillos de servicio o mantenimiento:

Nota: Las cotas indicadas son valores mínimos a respetar rigurosamente. Otras consideraciones, tales como posiciones de trabajo, facilidades de evacuación, etc., pueden necesitar valores superiores.

□ D.4.1. Las distancia mínimas indicadas deben cumplirse para asegurar el cumplimiento de las medidas de protección contra los contactos directos:
– Anchura del pasillo entre obstáculos u órganos de mando y la pared 700 mm como mínimo.
– Altura del pasillo bajo techo, 2.000 mm como mínimo.

Nota: Las cotas de referencia se consideran cuando todos los materiales estén correctamente emplazados y las puertas cerradas.

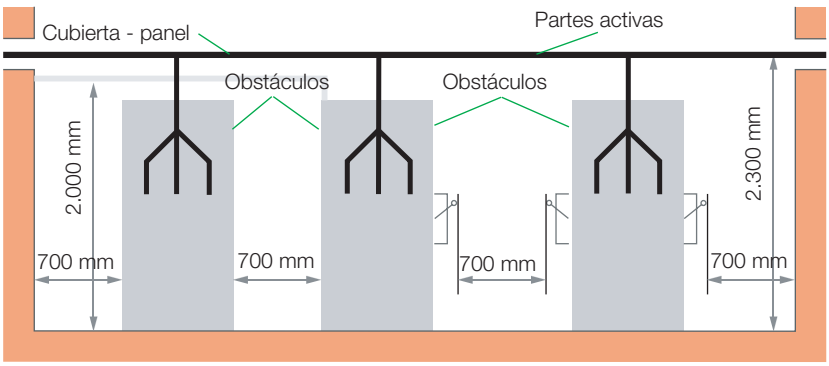


Fig. L2-006: *pasillos de servicio y de mantenimiento en las instalaciones con protección por medio de obstáculos.*

□ D.4.2. En los locales donde alguna medida de protección no puede preverse, se deben respetar las siguientes cotas para los pasillos de servicio o mantenimiento:
– Cuando el pasillo está a un solo lado de las partes activas no protegidas:
• Anchura del pasillo entre la pared y las partes activas no protegidas 1.000 mm como mínimo.
• Pasillo libre frente a los órganos de mando 700 mm como mínimo.

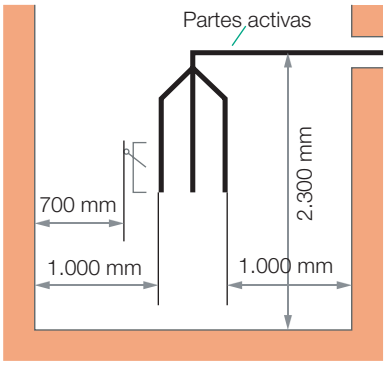


Fig. L2-007: *pasillos de servicio y de mantenimiento en las instalaciones con partes activas a un solo lado del pasillo sin protección.*

– Cuando a los dos lados del pasillo están situadas partes activas no protegidas:
• Anchura del pasillo entre las partes activas de cada lado:
Cuando el pasillo está destinado solamente al mantenimiento y se instalan barreras al principio de los trabajos de mantenimiento. 1.000 mm como mínimo.
Cuando no se instalan barreras al inicio de los trabajos de mantenimiento debe existir una vigilancia de los mismos.
Cuando el pasillo está destinado solamente al mantenimiento y no se instalan barreras al principio de los trabajos de mantenimiento. 1.500 mm como mínimo.

Cuando el pasillo está destinado solamente al servicio y al mantenimiento, y se instalan barreras al principio de los trabajos de mantenimiento. 1.200 mm como mínimo.

• Pasillo libre frente a los órganos de maniobra (empuñaduras...):
En un pasillo de mantenimiento 900 mm como mínimo.
En un pasillo de servicio 1.100 mm como mínimo.

• Altura de las partes activas desde el suelo: 2.300 mm como mínimo.

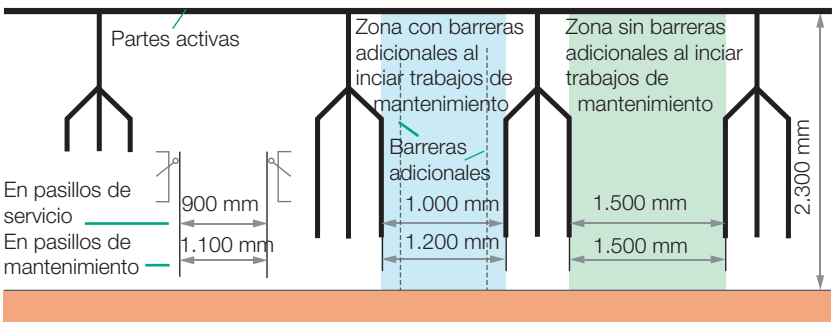


Fig. L2-008: *pasillos de servicio y de mantenimiento en las instalaciones con partes activas a los dos lados del pasillo sin protección.*

– Los pasillos de mantenimiento o servicio de longitudes superiores a 20 m deben ser accesibles por los dos extremos.

Nota: Para los pasillos muy cortos la accesibilidad por los dos extremos es recomendable.

ITC-BT-24-2/24-4

E. Elección de las medidas de protección contra los contactos indirectos

■ E.1. La protección por corte automático de la alimentación es aplicable a todas las instalaciones:

ITC-BT-33

□ E.1.1. En las instalaciones que cumplen las condiciones de tensión límite de 25 V en CA, y 60 V en CC, lisa, según IEC 60364-7 UNE 20460-7, secciones 704 y 705, se deben respetar las siguientes condiciones:

ITC-BT-35

– En los esquemas TN y IT, los tiempos de corte máximos definidos en la Tabla L2-003, página L/23, deben sustituirse por los de la Tabla L2-009.

U_0: Es la tensión entre fase y neutro.
(*): Si no se pueden garantizar los tiempos de corte es conveniente aplicar otras medidas complementarias tales como conexiones equipotenciales.

Esquema TN			Esquema IT	
Tensión nominal	Tiempo de corte	Tensión nominal	Tiempo de corte (s)	
U_0 (V)	(s)	U_0/U (V)	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
120	0,35	120/240	0,4	1
230	0,2	230/400	0,2	0,5
277	0,2	277/480	0,2	0,5
400, 480	0,05	400/690	0,06	0,2
580	0,02*	580/1.000	0,02*	0,08

Tabla L2-009: *tiempos de corte en función de las tensiones nominales.*

– En los esquemas TT, la condición $R_A \cdot I_a \leq 50$ V (pág. L/20) debe sustituirse por $R_A \cdot I_a \leq 25$ V.
– En los esquemas IT, la condición $R_A \cdot I_d \leq 50$ V (pág. L/21) debe sustituirse por $R_A \cdot I_d \leq 25$ V.
□ E.1.2. En las partes de una instalación el las que las prescripciones de la IEC 60364-7 UNE 20460-7 limita las tensiones a 25 V CA, y 60 V CC, las prescripciones del apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), se pueden aplicar si una de las medidas complementarias siguientes se aplican.
Las conexiones equipotenciales han de cumplir la sustitución de 50 V de la formula por 25 V. $R \leq \frac{25\ V}{I_a}$ se asegura la protección con interruptores de corriente diferencial residual de intensidad de funcionamiento asignada de 30 mA.
■ E.2. Las medidas de protección por empleo de materiales de clase II o por aislamiento suplementario de conformidad al párrafo “Protección empleando materiales de la Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25, en excepción donde las limitaciones de la norma IEC 60364-7 UNE 20460-7 afecte.

Nota: Por razones de seguridad es importante que los materiales sean elegidos en función de las influencias externas.

■ E.3. Las medidas de protección en los locales no conductores de conformidad al apartado “Protección en los locales o emplazamientos no conductores”, página L/27.
■ E.4. Las medidas de protección por uniones equipotenciales en locales sin puestas a tierra sólo es admisible con influencias externas del tipo BC 1.
■ E.5. Las medidas de protección por separación de circuitos es aplicable en todas las situaciones. Toda vez en condiciones de influencia exterior BC 4, se debe limitar a la alimentación de un solo aparato amovible por transformador.
■ E.6. El empleo de MBTS (TBTS) (SELV), apartado “Requisitos para los circuitos MBTS (TBTS) (SELV)”, página L/13, o MBTP (TBTP) (PELV) apartado “Requisitos para circuitos MBTP (TBTP) (PELV)”, página L/13, se considera una medida de protección contra los contactos indirectos en todas las situaciones.

Notas:
■ En ciertas condiciones la IEC 60364-7 limita el valor de la MBTS a un valor inferior 50 V, o 25 V o 12 V.
■ El empleo de MBTF (TBTF) (FELV) necesita tomar otras medidas de protección contra los contactos indirectos.

ITC-BT-14-3
ITC-BT-15-2/15-3

■ E.7. En ciertas instalaciones o partes de instalaciones, tales como las situadas en emplazamientos donde las personas pueden estar sumergidas en agua, la sección correspondiente de la IEC 60364-7 UNE 20460-7 prescribe las medidas de protección particulares.

2.2. Las medidas de protección contra los efectos térmicos

Para cumplimentar este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE-EN 20460-90, parte 4-42, y UNE-EN 20460-90, parte 4-473.

Regla fundamental de la protección contra los efectos térmicos

Las personas, los animales domésticos, los materiales, los objetos próximos a los materiales y el entorno no deben estar sometidos a temperaturas que puedan destruirlos o lesionar sus características normales. Las posibles manifestaciones térmicas, por conducción, radiación o convección deben ser aisladas por materiales resistentes y no accesibles a las personas, animales domésticos, materiales no resistentes, a los objetos próximos y al entorno.

Protección contra incendios

■ Los materiales eléctricos deben estar diseñados e instalados de forma que no presenten peligro de incendio en su entorno.

■ Cuando las temperaturas de las superficies exteriores de los materiales puedan alcanzar valores susceptibles de provocar un incendio en su entorno, los materiales de este entorno deben cumplir una de las siguientes consideraciones:

□ Estar instalados sobre o en el interior de materiales que soporten tales temperaturas y que sean de poca conductividad térmica.

□ Estar separados de los elementos de construcción por materiales que soporten tales temperaturas y que sean de poca conductividad térmica.

□ Estar instalados a una distancia suficiente de cualquier material cuya conservación podría ser comprometida, por tales temperaturas, permitiendo una disipación segura del calor teniendo los soportes de los materiales poca conductividad térmica.

■ Las partes activas susceptibles de producir arcos o chispas en servicio normal deben cumplir una de las siguientes condiciones:

□ Estar completamente encerrados en materiales resistentes a los arcos.

□ Estar separados de los elementos de construcción (en el que los arcos podrían tener efectos perjudiciales) con pantallas de materiales resistentes a los arcos.

□ Estar instalados a una distancia suficiente de los elementos de construcción y los manipuladores, en los cuales los arcos y las chispas podrían desarrollar efectos perjudiciales, permitiendo una extinción segura de los mismos.

Los materiales resistentes a los arcos utilizados para estas medidas de protección deben ser incombustibles, tener poca conductibilidad térmica y presentar un espesor apropiado para asegurar una estabilidad mecánica.

■ Los materiales fijos que presenten un defecto de focalización o de concentración de calor deben estar alejados suficientemente de todo objeto fijo y de todo elemento de construcción, de tal forma que estos objetos o elementos no puedan estar sometidos, en condiciones normales, a una temperatura peligrosa.

■ Cuando los materiales eléctricos instalados en el mismo local contengan una importante cantidad de líquidos inflamables, se deben tomar disposiciones para que los líquidos no se inflamen y los productos de combustión del líquido (llama, humo, gas tóxico), se propaguen en otras partes del edificio.

Notas:

■ Como ejemplos de tales prescripciones se pueden citar:

□ Una fosa de extinción que recoja las fugas de líquidos y asegure su extinción en caso de incendio.

□ La instalación de los materiales en un lugar construido por paredes resistentes al fuego u otros medios que impidan la propagación de líquido inflamado a otras partes del edificio, estando ventilado este local exclusivamente hacia el exterior.

■ Una cantidad de 25 litros se considera generalmente importante.

■ Para cantidades inferiores a 25 litros, basta con adoptar medidas para impedir que el líquido se esparza.

■ Es conveniente poner fuera de tensión el material en cuanto se inicia un incendio.

■ Los materiales de las envolventes dispuestas alrededor de los materiales eléctricos en el momento de su instalación deben poder soportar las temperaturas más altas susceptibles de ser producidas por el material eléctrico.

Para la construcción de estas envolventes no conviene utilizar materiales combustibles, a menos que se adopten medidas preventivas contra la inflamación, tales como revestimientos con material incombustible o difícilmente combustibles y de poca conductividad térmica.

ITC-BT-29

Elección de las medidas de protección contra incendios en función de las medidas externas

Condiciones de evacuación en caso de urgencia

■ Condiciones:

□ Densidad de ocupación pequeña, condiciones difíciles de evacuación.
□ Densidad de ocupación importante, condiciones fáciles de evacuación.
□ Densidad de ocupación importante, condiciones difíciles de evacuación.
Según el apartado 322-4 de la norma UNE 20460-3.

Nota: Estas condiciones pueden ser definidas por las autoridades responsables de la construcción de edificios, de los establecimientos públicos o de los organismos de prevención contra incendios.

■ Es aconsejable que las canalizaciones eléctricas no transcurran por las salidas de evacuación, pero si esto no fuera posible, las canalizaciones dispondrán de cubiertas o envolturas que no favorezcan ni propaguen el incendio ni alcancen una temperatura suficientemente elevada para inflamar los materiales próximos durante el tiempo especificado por la reglamentación referente a los materiales de construcción de las salidas de evacuación o durante 30 minutos en ausencia de reglamentación.
Las canalizaciones eléctricas que discurren por las salidas de evacuación deben estar fuera del volumen de accesibilidad con las manos o poseer una protección contra daños mecánicos que puedan producirse en el instante de una evacuación. Tales canalizaciones deberán ser tan cortas como sea posible.
■ En las condiciones de ocupación importantes los aparatos de mando y protección, con excepción de ciertos dispositivos que faciliten la evacuación, deben ser accesibles solamente a las personas autorizadas. Si estos aparatos están colocados en las salidas de evacuación, deben presentar por construcción o por protección complementaria, el mismo grado de resistencia al fuego que el resto de los materiales situados en el mismo emplazamiento.
■ En las condiciones de ocupación importantes y en sus salidas de evacuación, está prohibido el empleo de materiales eléctricos que contengan líquidos inflamables.

Nota: No están sometidos a estas prescripciones los condensadores auxiliares individuales incorporados a los aparatos. Esta excepción afecta esencialmente a las lámparas de descarga y a los condensadores de arranque de los motores.

Naturaleza de las materias tratadas o almacenadas

■ Condición: riesgo de incendios (según el apartado 322-5 de la norma UNE 20460-3).

Notas:
■ Las cantidades de materiales inflamables y las superficies de volúmenes de estos locales deben ser fijadas por reglamentaciones nacionales.
■ Para los riesgos de explosión véase la norma UNE 20322.

■ Los equipos eléctricos deben limitarse a los imprescindibles para la explotación de estos locales, a excepción de las canalizaciones, que se exponen cinco párrafos más abajo.
■ Cuando pueda depositarse polvo sobre la envolvente del material eléctrico, en cantidad suficiente para causar un riesgo de incendio, deberán tomarse medidas que impidan a esta envolvente alcanzar temperaturas excesivas.
■ Los materiales eléctricos deben estar elegidos e instalados de tal forma que su calentamiento normal o previsible, en caso de defecto, no pueda provocar un incendio.
Las disposiciones tomadas pueden depender, bien de la construcción de los materiales o bien de sus condiciones de instalación.
No se precisa ninguna disposición particular cuando la temperaturas de las superficies no es susceptible de provocar la inflamación de las materias que se encuentren en su proximidad.
■ Los aparatos de protección, de mando y de seccionamiento deben colocarse fuera de los locales que presenten estas condiciones, a menos que estén ence-

rrados en envolventes que presenten un grado de protección apropiado para tal local, siendo como mínimo IP4X en ausencia de polvo y de IP5X en presencia de polvo.

■ Cuando las canalizaciones no están empotradas en materiales incombustibles, deben tomarse precauciones para que estas canalizaciones no puedan propagar fácilmente la llama.

Nota: Por ejemplo, los cables con cubierta de PVC cumplen esta prescripción.

■ Las canalizaciones eléctricas que atraviesan tales locales, pero que no son necesarias para la explotación de los mismos, deberán satisfacer las siguientes condiciones:

□ Las canalizaciones estarán realizadas de acuerdo con el párrafo anterior.

□ No incluyan ninguna conexión sobre su recorrido en el interior de los locales, a no ser que estén colocadas en una envolvente resistente al fuego que presente el mismo grado de resistencia al fuego que el resto de los materiales situados en el mismo emplazamiento.

□ Estén protegidas contra las sobreintensidades y cortocircuitos por dispositivos de protección colocados aguas arriba de los locales.

■ Los motores accionados automáticamente o a distancia, o que no estén vigilados permanentemente, deberán estar protegidos por dispositivos de protección con cierre manual contra temperaturas excesivas.

Nota: Es recomendable por su eficiencia, la utilización de sondas de termistancia para la protección de sobrecalentamientos de los motores (ver capítulo J, apartado 9.2.3. “Protección por relés térmicos o sondas PTC”, página J/506 del 3.er Volumen).

■ Las luminarias deben ser las apropiadas para cada emplazamiento y deben estar encerradas en envolventes que presenten como mínimo el grado de protección IP4X en ausencia de polvo y de IP5X en presencia de polvo.

Las lámparas y elementos de alumbrado deben estar suficientemente protegidos en los lugares donde se puedan producir daños mecánicos, por ejemplo, por medio de recubrimiento de plástico suficientemente robusto, por rejillas o pantallas robustas. Estas protecciones no deben fijarse sobre huecos, a menos que esté previsto por construcción.

■ Cuando sea necesario limitar las consecuencias de la circulación de corrientes de defecto en las canalizaciones, bajo el punto de vista de los riesgos de incendio, el circuito correspondiente debe estar protegido por un dispositivo de corriente diferencial residual, de intensidad nominal de actuación de 0,5 A como máximo, o cuando tal dispositivo no pueda ser utilizado, debe preverse un controlador permanente de aislamiento que accione una señal sonora o visual en el instante de aparición de un defecto.

Un conductor aislado de vigilancia que puede ser un conductor de protección, puede estar incorporado a la canalización del circuito correspondiente, a menos que éste no disponga de un revestimiento metálico unido al conductor de protección.

Ver capítulo G, apartado 6.6., página G/158 “Control de aislamiento y las funciones asociadas” del 2.° Volumen.

■ Cuando se disponga de una protección, según el apartado “Limitación de tensión. Fuentes para MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TPTP) (PELV)”, página L/12, se utilizan muy bajas tensiones no superiores a 25 V de valor eficaz en CA, las partes activas deben estar:

□ O bien encerradas en envolventes que presenten un grado de protección IP2X.

□ O bien provistas de un aislamiento que pueda soportar una tensión de ensayo de 500 V durante un minuto.

■ Los conductores PEN no se admitirán en estos locales, a excepción de los circuitos que atraviesan tales locales.

ITC-BT-28-4
ITC-BT-34-4/5
ITC-BT-49-2-1

Construcciones combustibles

■ Condición: según el apartado 323-1 de la norma UNE 20460-3.

■ Deben tomarse precauciones para que los materiales eléctricos no puedan provocar la inflamación de las paredes (muros, pisos, techos).

Estructuras propagadoras de incendio

■ Condición: según el apartado 323-2 de la norma UNE 20460-3.

Estas condiciones están normalmente reglamentadas por las autoridades responsables de la construcción de edificios, de los establecimientos públicos o de los organismos de prevención contra incendios.

■ En las estructuras cuya forma y dimensiones faciliten la propagación de un incendio, deben tomarse precauciones para que las instalaciones eléctricas no puedan propagar el incendio (por ejemplo, efecto de chimenea).

Nota: Pueden ponerse detectores de incendio que aseguren la puesta en servicio de medidas que se opongan a la propagación del incendio, por ejemplo, el cierre de un cortafuego, en las envolventes de las canalizaciones o de las galerías.

Protección por corte de la alimentación

En un momento en que una parte de la instalación supera los límites térmicos, en el umbral de la posibilidad de una catástrofe o el entorno presenta unos niveles térmicos perjudiciales para la instalación, podemos cortar la alimentación del circuito o red por medio de:

■ Detectores internos del circuito:

□ Detectores términos que controlan el nivel de la temperatura.

□ Detectores optoelectrónicos que detectan la luminiscencia de un arco.

■ Detectores externos del circuito:

□ Detectores de llamas.

□ Detectores de humos.

□ Detector térmico ambiental.

Estas medidas permiten, en la mayoría de los casos que se producen las incidencias, paliar los efectos catastróficos de los mismos.

Protección contra las quemaduras

■ Las partes accesibles de los materiales eléctricos dispuestos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto, no deben alcanzar temperaturas susceptibles de provocar quemaduras a las personas y deben satisfacer los límites apropiados indicados en la Tabla L2-010. Todas las partes de la instalación susceptibles de alcanzar en servicio normal, incluso durante cortos períodos, temperaturas superiores a las indicadas en la Tabla L2-010, deben estar protegidas contra todo contacto accidental.

No obstante los valores de la tabla no se aplican a los materiales conformes a las normas europeas o a los documentos de armonización de CENELEC relativos a estos materiales en función de los umbrales específicos de cada país. En España se aplican los de la tabla.

■ Temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto.

Partes accesibles	Materiales de las partes accesibles	Temperaturas máximas (en °C)
Órganos de control manual	Metálicos	55
	No metálicos	65
Previstas para ser tocadas pero no destinadas a ser asidas con la mano	Metálicos	70
	No metálicos	80
No destinadas a ser tocadas en servicio normal	Metálicos	80
	No metálicos	90

Tabla L2-010: *temperaturas máximas en servicio normal de las partes accesibles de los materiales eléctricos en el interior del volumen de accesibilidad al contacto.*

Protección contra los sobrecalentamientos

ITC-BT-22

■ Instalaciones de calefacción por circulación de aire:

□ Las instalaciones de calefacción por circulación de aire, con excepción de las calderas de acumulación, deben ser diseñadas de forma que sus elementos calentadores no pueden ser puestos bajo tensión hasta después del establecimiento del caudal de aire especificado y que sean puestos fuera de servicio cuando se interrumpe el caudal de aire. Además, deberán tener dos limitadores de temperaturas independientes entre sí, que impidan que se sobrepase la temperatura admisible en los conductos de aire.

□ La caja y la envoltura de los elementos calentadores deben ser de material incombustible.

■ Aparatos productores de agua caliente o de vapor.

Todo aparato productor de agua caliente o vapor debe estar protegido, por construcción o por instalación, en todas las condiciones de servicio contra las temperaturas excesivas. Si el aparato no satisface en su conjunto las normas UNE, la protección debe asegurarse por medio de un dispositivo sin reenganche automático que funcione con independencia del termostato.

Si el aparato no es de evacuación libre, debe estar provisto, además, de un dispositivo limitador de la presión del agua.

2.3. Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

Regla fundamental de las protecciones contra las sobreintensidades

ITC-BT-22

Los conductores activos y las cargas deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y los cortocircuitos, salvo cuando las sobreintensidades están limitadas a valores tolerables por los conductores o las cargas y su aislamiento principal.

Además, la protección contra las sobrecargas y la de los cortocircuitos deben estar coordinadas.

Ver capítulo H1, apartado 2., página H1/27 “Las medidas de protección contra los efectos térmicos” del 2.° Volumen.

Notas:

■ Los conductores activos protegidos contra sobrecargas según las instrucciones de este apartado se consideran como protegidos igualmente contra todo defecto susceptible de producir sobreintensidades en la gama de corrientes de sobrecarga.

■ La protección de los conductores flexibles en las instalaciones fijas está comprendido en las prescripciones de este capítulo.

■ Los cables flexibles conectados a equipos unidos a las instalaciones fijas por mediación de tomas de corriente, no están necesariamente protegidos contra las sobrecargas; la protección de tales cables contra cortocircuitos está en estudio.

Naturaleza de los dispositivos de protección

Dispositivos que aseguran a la vez la protección contra corrientes de sobrecarga y la protección contra las corrientes de cortocircuito

Estos dispositivos de protección deben poder interrumpir toda sobreintensidad inferior o igual a la corriente de cortocircuito esperada en el punto donde el dispositivo está instalado. Tales dispositivos de protección deben ser:

- Interruptores automáticos con relés de sobrecarga y cortocircuitos.
- Interruptores automáticos asociados con cortacircuitos fusibles.
- Los tipos siguientes de cortacircuitos fusibles de reemplazamiento:

□ Fusibles del tipo gI ensayados de conformidad a normas UNE 21103-2, UNE 21103-3 y UNE 21103-3-1C.

□ Fusibles que incluyen elementos de reemplazamiento del tipo gII ensayados en un dispositivo especial de ensayo que tenga una conductividad térmica elevada.

Ver capítulo H2, apartado 3.2., página H2/78 “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades” del 2.° Volumen.

Notas:

- El fusible comprende todas las partes que forman el conjunto del dispositivo de protección.
- Las condiciones de ensayo de los elementos de reemplazamiento del tipo gII en un dispositivo especial de ensayo, están en estudio.
- La utilización de un dispositivo que posea un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, está sujeta a las prescripciones del apartado referente a su poder de corte.

Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra las corrientes de sobrecarga

Estos son dispositivos que poseen generalmente una característica de funcionamiento a tiempo inverso y que pueden tener un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito supuesta, en el punto donde están instalados.

Deben satisfacer los requisitos del apartado “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, página L/47.

Dispositivos que aseguran únicamente la protección contra corrientes de cortocircuito

Estos dispositivos pueden utilizarse cuando la protección contra las sobrecargas se realiza por otros medios o cuando la norma UNE 20460-4-473 admite el no instalar la protección contra las sobrecargas. Deben poder interrumpir toda corriente de cortocircuito inferior o igual a la corriente de cortocircuito supuesta. Deben satisfacer las prescripciones del apartado “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, página L/47.

Tales disposiciones de protección pueden ser:

- Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima intensidad.
- Cortacircuitos fusibles.

Características de los dispositivos de protección

Las características tiempo/corriente de los dispositivos de protección contra las sobreintensidades deben estar conformes con las especificadas en las normas UNE 21103; UNE 21103-2; UNE 21103-3; UNE 21103-3-1C; UNE 20115-1; UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947-2.

Nota: Lo citado no se opone a la utilización de otros dispositivos de protección, a condición de que sus características tiempo/corriente aseguren un nivel de protección equivalente al especificado al presente capítulo.

Protección contra las corrientes de sobrecarga

Regla general

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las cargas, a las propias canalizaciones o al medio ambiente del entorno.
Ver capítulo H1, apartado 3., página H1/61 “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades” del 2.° Volumen.
Capítulo H2, apartado 3., página H2/41 “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades” del 2.° Volumen.

Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección

Las características de funcionamiento de un dispositivo que proteja una canalización contra las sobrecargas debe satisfacer las condiciones siguientes:

1) $I_B \leq I_n \leq I_Z$ 2) $I_2 \leq 1{,}45\ I_Z$

donde:
I_B: es la intensidad utilizada en el circuito.
I_Z: es la intensidad admisible en la canalización según la norma UNE 20460-5-523.
I_n: es la intensidad nominal del dispositivo de protección.

Nota: Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación escogida.

I_2: es la intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:
- A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos.
- A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles del tipo gI.
- A 0,9 veces la intensidad de fusión en el tiempo convencional para los fusibles gII.

Notas:
- El factor 0,9 tiene en cuenta la influencia de las diferencias de las condiciones de ensayo entre los fusibles gI y gII ya que los últimos se ensayan generalmente en un dispositivo convencional de ensayo en el cual las condiciones de disipación térmica son mejores.
- La protección prevista por este apartado no asegura una protección completa en algunos casos, por ejemplo contra las sobreintensidades prolongadas inferiores a I_2 y no conducen necesariamente a la solución más económica. Es por lo que se supone que el circuito está concebido de tal forma que no se producen frecuentemente pequeñas sobrecargas de larga duración.

ITC-BT-07-2-1-6

Protección de los conductores en paralelo

Cuando un dispositivo de protección protege varios conductores en paralelo, el valor de I_Z es la suma de las intensidades admisibles en los diferentes conductores, con la condición de que los conductores estén dispuestos de forma que transporten corrientes sensiblemente iguales.

Nota: En la práctica, esta disposición no es aceptable más que si las canalizaciones tienen las mismas características eléctricas (naturaleza, forma de colocación, longitud, sección) y no incluyen ninguna derivación sobre su recorrido. Sin embargo, una verificación es deseable.

Protección contra las corrientes de cortocircuito

Nota: Esta prescripción sólo considera los casos de cortocircuitos previstos entre conductores de un mismo circuito.

Regla general

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que ésta pueda resultar peligrosa, debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Determinación de las corrientes de cortocircuito supuestas

Las corrientes de cortocircuito supuestas deben determinarse en los lugares de la instalación que se consideren necesarios.
Esta determinación puede efectuarse bien por cálculo, bien por medición.

Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos

Todo dispositivo que asegure la protección contra los cortocircuitos debe responder a las dos condiciones siguientes:

■ Su poder de corte debe ser como mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde está instalado, salvo en el caso admitido en el párrafo siguiente.

Se admite un dispositivo que posea un poder de corte inferior, con la condición de que otro aparato protector que tenga el necesario poder de corte sea instalado aguas arriba. En este caso, las características de los dispositivos deben estar coordinadas de tal forma que la energía que dejan pasar los dispositivos no sea superior a la que pueden soportar, sin perjuicio, el dispositivo situado aguas abajo y las canalizaciones protegidas por estos dispositivos.
Ver capítulo H2, apartado 3.5., página H2/207 “Elección de los interruptores automáticos” del 2.º Volumen.

Nota: En algunos casos, puede ser necesario tomar en consideración otras características tales como esfuerzos electrodinámicos y energía de arco para los dispositivos situados aguas abajo. Las informaciones necesarias deben obtenerse de los fabricantes de los dispositivos.

■ El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito no debe ser superior al tiempo que tardan en alcanzar la temperatura límite admisible los conductores.
Para los cortocircuitos de una duración t como máximo igual a cinco segundos, la duración necesaria para que una corriente de cortocircuito eleve la temperatura de los conductores al límite admisible en servicio normal al valor límite, puede calcularse, en primera aproximación, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I}$$

donde

t: es la duración en segundos.
S: es la sección en mm^2.
I: es la corriente de cortocircuito efectiva en A, expresada en valor eficaz.
k: 115 para los conductores de cobre aislados con policloruro de vinilo.
135 para los conductores de cobre aislados con caucho para uso general, con butilo, con polietileno reticulado o con etileno propileno.
74 para conductores de aluminio aislados con policloruro de vinilo.
87 para los conductores de aluminio aislados con caucho para uso general, con butilo, con polietileno reticulado o con etileno propileno.
115 para conexiones soldadas con estaño en los conductores de cobre, correspondientes a una temperatura de 160 ºC.

Notas:

■ Para tiempos de duración del cortocircuito muy cortos (< 0,1 s) donde la asimetría es importante y para los dispositivos que limitan la corriente, $k^2 \cdot s^2$, deben ser superior al valor de la energía (I^2t) que deja pasar el dispositivo de protección, indicado por el fabricante.
■ Otros valores de k están en estudio para:
□ Los conductores de poca sección (especialmente para secciones inferiores a 10 mm^2).
□ Las duraciones de cortocircuito superiores a 5 s.
□ Los otros tipos de conexiones en los conductores.
□ Los conductores desnudos.
□ Los conductores blindados con aislamiento mineral.
■ La intensidad nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito.

ITC-BT-07-2-1-6

Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo

Un mismo dispositivo de protección puede proteger varios conductores en paralelo contra los cortocircuitos, con la condición de que las características de funcionamiento del dispositivo y el modo de colocación de los conductores en paralelo sean coordinados de forma apropiada; para la elección del dispositivo de protección, ver apartado “Aparamenta de protección, seccionamiento y mando”, página L/50.

Nota: Procede tener en cuenta condiciones susceptibles de producirse en el momento de un cortocircuito que no daña a todos los conductores.

Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra los cortocircuitos

Protección asegurada por el mismo dispositivo

Si un dispositivo de protección contra las sobrecargas que responda a las prescripciones del apartado “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, página L/51, posee un poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto dende esté instalado, se considera que asegura igualmente la protección contra las corrientes de cortocircuito de la canalización situada aguas abajo.
Ver capítulo H2, apartado 3., página H2/48 “Coordinación entre interruptores automáticos” del 2.° Volumen.

Nota: Lo citado puede no ser válido para toda la gama de corrientes de cortocircuito para ciertos tipos de interruptores automáticos, particularmente para los que no limitan la corriente. La verificación se efectúa conforme a las prescripciones del apartado “Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos”, página L/48.

Protecciones aseguradas por dispositivos distintos

Las prescripciones de los apartados “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, página L/51 y “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, página L/56, se aplican respectivamente al dispositivo de protección contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.
Las características de los dispositivos deben estar coordinadas de tal forma que la energía que deja pasar el dispositivo de protección contra los cortocircuitos no sea superior a la que pueda soportar sin daño el dispositivo de protección contra sobrecargas.

Nota: Esta prescripción no excluye los tipos de coordinación especificados en la norma UNE 20115-1.

La norma UNE 20115-1 “Arrancadores de baja tensión en corriente alterna” se refiere a los arrancadores que se desarrollarán en el capítulo M “La seguridad en las máquinas” de este manual.

Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación

Se estima que están protegidos contra toda sobreintensidad los conductores alimentados por una fuente cuya impedancia es tal que la corriente máxima que puede suministrar no puede ser superior a la intensidad admisible en los conductores (tales como ciertos transformadores para timbres, ciertos transformadores de soldadura, ciertas generatrices impulsadas por motor térmico).

■ Diagrama de las protecciones.

Ver Fig. H1-3-058: diagrama de las corrientes definitorias de la protección, página H1/136 del 2.° Volumen.

■ Método para determinar el factor k.

$$k = \sqrt{\frac{Q_c\,(B_o + 20)}{\rho_{20}} \cdot I_n\left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B_o + \theta_i}\right)}$$

donde:
Q_c: es la capacidad térmica volumétrica del material conductor (J/ºC · m^3).
B_o: es la inversa del coeficiente de temperatura de la resistividad a 0 ºC para el conductor (ºC).
ρ_{20}: es la resistividad eléctrica del material conductor a 20 ºC ($\Omega \cdot m$).
θ_i: es la temperatura inicial del conductor (ºC).
θ_f: es la temperatura final del conductor (ºC).
k: es la expresión ($A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}$).

Material	B_0 (ºC)	C_v (J/ºC · m^3)	ρ_{20} ($\Omega \cdot m$)
Cobre	234,5	$3{,}45 \cdot 10^6$	$17{,}241 \cdot 10^{-9}$
Aluminio	228	$2{,}5 \cdot 10^6$	$28{,}264 \cdot 10^{-9}$

Tabla. L2-011: *valores para el cálculo del factor k, en función del conductor.*

Aislamiento	θ_i (ºC)	θ_f (ºC)
Policloruro de vinilo	70	160
Polietileno reticulado Butiletilenopropileno	85	220

Tabla. L2-012: *valores para el cálculo del factor k, en función del aislante.*

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas son tales que los efectos de las corrientes de cortocircuito pueden ser consideradas como despreciables.

ITC-BT-06-3-6
ITC-BT-16-3
ITC-BT-22
ITC-BT-12-1-2-3

Aparamenta de protección, seccionamiento y mando

Dispositivos comunes

Cuando un dispositivo corte todos los conductores activos, el corte del neutro no debe efectuarse antes que los conductores de fase, y en el restablecimiento, el conductor neutro debe conectarse al mismo tiempo, o antes, que los conductores de fase.

Dispositivos de protección contra las sobreintensidades

Disposiciones generales:
■ Las bases de cortacircuitos para portafusibles de rosca deben conectarse de forma que el contacto central se encuentre en el lado de la entrada de la instalación. UNE 20460-5-53.
■ Las bases de cortacircuitos para fusibles de clavija deben disponer de formas que excluyan las posibilidades de establecer contactos entre partes conductoras de bases adyacentes.
■ Los cortacircuitos fusibles que se instalen en locales distintos de los reservados al servicio eléctrico deben ser de un modelo tal que el reemplazamiento de un fusible pueda efectuarse con tensión y sin peligro.
Donde los fusibles sean susceptibles de reemplazamiento por personas no expertas (BA4) o cualificadas (BA5) serán, preferentemente, de un modelo tal que su reemplazamiento no pueda efectuarse, por error, con un fusible de intensidad nominal más elevada.
■ Los interruptores automáticos cuya maniobra pueda efectuarse por personas no expertas (BA4) o cualificadas (BA5) deben diseñarse o instalarse de forma que no puedan modificarse la regulación de sus relés de sobreintensidad involuntariamente, necesitando para ello el uso de un útil o herramienta apropiada o indicando claramente los trazos visibles de la modificación de su regulación.

Elección de los dispositivos de protección contra sobreintensidades
La intensidad nominal (o de regulación) de un dispositivo de protección debe elegirse de acuerdo a la Fig. H1-3-058: diagrama de las corrientes definitorias de la protección. H1-1 página 136 del 2.º Volumen.

Elección de los dispositivos de protección contra cortocircuitos
La intensidad de cortocircuito mínima prevista es, generalmente, la que corresponde a un defecto franco que se produce en el punto más alejado de la canalización protegida.
La aplicación de las reglas del apartado 2.3. "Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades", página L/45, nos conduce a las siguientes condiciones para los fusibles e interruptores automáticos, teniendo en cuenta sus características:
a) Fusibles.
La intensidad de cortocircuito mínima prevista Icc debe ser como mínimo igual a la Fig. H1-3-056: principio de protección de un circuito con fusibles, página H1/135 del 2.º Volumen.
b) Interruptores automáticos.
En los conductores automáticos debe respetarse la siguiente condición: la corriente de cortocircuito mínima prevista Icc debe ser, al menos, igual a I_a, según se indica en la Fig. H1-3-055: principio de la protección de un circuito con interruptor automático, página H1-135 del 2.º Volumen.

Notas comunes a los fusibles y a los interruptores automáticos
■ Cuando las características de funcionamiento del fusible o la del interruptor automático, se encuentran por debajo de la curva característica de los conductores, para tiempos inferiores a 5 s, la intensidad I_a se toma igual a la intensidad de funcionamiento del dispositivo de protección en 5 s.
■ Para las intensidades de cortocircuito donde la duración es superior en varios ciclos, la energía que circula I^2t por el dispositivo de protección puede calcularse multiplicando el cuadrado del valor eficaz de la intensidad de la característica de funcionamiento I(t) del dispositivo de protección por el tiempo de funcionamiento (t). Para las intensidades de cortocircuito de muy corta duración hay que tomar las características I^2t facilitadas por el fabricante.

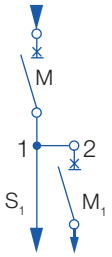
ITC-BT-22-1-1a

Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades

A. Protección contra las corrientes de sobrecarga

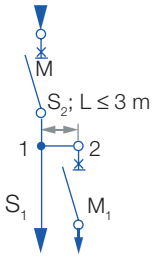
A.1. Emplazamiento de los dispositivos de protección contra las sobrecargas

■ A.1.1. Debe colocarse un dispositivo que asegure la protección contra las sobrecargas en los puntos de la instalación donde se produzca una reducción del valor de la corriente admisible en los conductores, por ejemplo un cambio de sección, de naturaleza, de modo de la instalación o construcción, a excepción de los casos del apartado A.1.2 y A.2.
■ A.1.2. El dispositivo que proteja una canalización contra las sobrecargas puede colocarse en el recorrido de esta canalización si la parte de canalización comprendida entre, por una parte, el cambio de sección, de naturaleza, de forma de instalación o de constitución y, por otra, el dispositivo de protección, no contiene ni derivación, ni toma de corriente y responde a uno de los siguientes casos:
□ Está protegida contra los cortocircuitos conforme a las prescripciones enunciadas en el apartado "Protección contra las corrientes de cortocircuito", página L/47.



Nota: En la figura adjunta, el dispositivo de protección M es capaz de proteger igualmente la sección S_1 como la S_2.

□ Su longitud no es superior a 3 m, está realizada de forma que reduzca al mínimo el riesgo de un cortocircuito y no está situado junto a materiales combustibles (ver apartado B.2.1., página L/56).



Nota: En la figura adjunta el dispositivo de protección M es capaz de proteger igualmente la sección S_1 como la S_2, si ésta no genera una impedancia eleveda, dimensionada en este caso por una longitud de 3 m del conductor S_2.

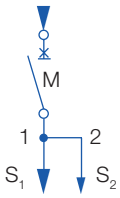
ITC-BT-29

A.2. Omisión de protección contra las sobrecargas

■ Los diferentes casos enunciados en este apartado no deben aplicarse en las instalaciones situadas en los locales (o emplazamientos) que presenten riesgos de incendios o de explosión, y cuando las reglas particulares en ciertos locales especifiquen condiciones diferentes.

■ Se admite no prever protección contra las sobrecargas:

□ En una canalización situada aguas abajo de un cambio de sección: de naturaleza, de forma de instalación o de construcción, y que esté, efectivamente, protegida contra las sobrecargas por un dispositivo de protección situado aguas arriba.



Nota: En la figura adjunta, el dispositivo de protección M es capaz de proteger igualmente la sección S_1 como la S_2.

□ En una canalización que no es susceptible de ser recorrida por corrientes de sobrecarga, a condición de que esté protegida contra los cortocircuitos de conformidad al apartado "Protección contra las corrientes de cortocircuito", página L/47 y que no incluya ni derivación ni toma de corrientes.

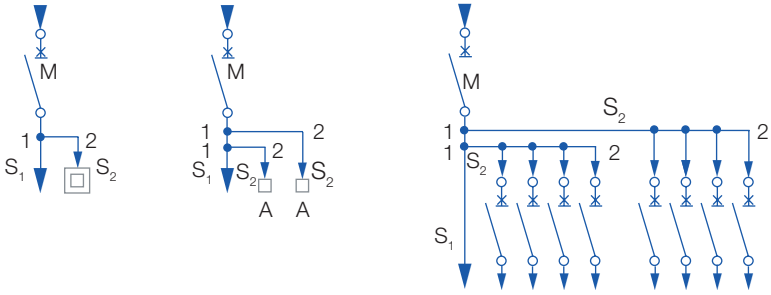


Fig. (I) Fig. (II) Fig. (III)

Notas:

■ En la figura adjunta (I). Canalización que alimenta un equipo de utilización que dispone de protección contra las sobrecargas incorporado, a menos que el dispositivo de protección del equipo sea apropiado a la canalización.

■ En la figura adjunta (II). Canalización que alimenta un equipo de utilización conectado de forma fija, no susceptible de producir sobrecargas, y no protegido contra las sobrecargas, la corriente de utilización de este equipo no será superior a la corriente admisible en la canalización:

□ Los aparatos de calentamiento (calentadores de agua, radiadores, cocinas) son ejemplos de aparatos no susceptibles de producir sobrecargas.

□ Una toma de coriente es un punto susceptible de dar lugar a sobrecargas.

□ Un motor cuya corriente a rotor frenado no es superior a la corriente admisible en la canalización se considera como no susceptible de producir sobrecargas.

Los equipos A no son susceptibles de dar lugar a sobrecargas, las derivaciones (1-2) no necesitan protección.

■ En la figura adjunta (III). Canalización que alimenta varias derivaciones protegidas individualmente contra sobrecargas, a menos que la suma de las corrientes nominales de los dispositivos de protección de las derivaciones sea inferior a la corriente nominal del dispositivo que protegería contra las sobrecargas la canalización considerada:

□ Las canalizaciones (1-2) no pueden estar sometidas a sobrecargas, siendo determinada la sección S_2 en función de la suma de las corrientes absorbidas por las derivaciones en (2).

□ Sobre las instalaciones de telecomunicación, control, señalización y análogas.
□ En algunas líneas subterráneas o líneas aéreas en las que las sobrecargas no representan ningún peligro.

A.3. Emplazamiento u omisión de protección contra las sobrecargas en el esquema IT

Las posibilidades de desplazar o de omitir la colocación del dispositivo de protección contra las sobrecargas, previstas en los apartados A.1.1. y A.1.2. no son aplicables en el esquema IT, a menos que cada circuito no protegido contra las sobrecargas esté protegido por una medida de protección siguiente:

■ Uso de medidas de protección correspondientes al apartado “Protección empleando materiales de Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25.
■ Protección de cada circuito por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual, que actué al segundo defecto.
■ Utilización de un controlador permanente de aislamiento que actué:
□ Deccionando el circuito al primer defecto.
□ Deccionando el circuito al segundo defecto y avisando al primer defecto para poder ser eliminado y asumiendo las medidas necesarias de conformidad al riesgo ocasionado.

A.4. Casos en los que se recomienda omitir la protección contra las sobrecargas por razones de seguridad

Se recomienda no colocar dispositivos de protección contra las sobrecargas sobre los circuitos que alimentan los equipos, en el caso que la apertura inesperada del circuito pueda causar peligros.

Ejemplos de tales casos son:
- Los circuitos de excitación de máquinas giratorias.
- Los circuitos de alimentación de electroimanes de manipulación o de elevación.
- Los circuitos secundarios de los transformadores de intensidad.
- Los circuitos que alimentan los dispositivos de extinción de incendios.

Nota: En tales casos puede ser útil un dispositivo de aviso de las sobrecargas.

A.5. Protección contra la sobrecarga de los conductores en paralelo

Si un solo dispositivo de protección sirve para la protección de varios conductores en paralelo, no deben existir derivaciones, seccionadores o dispositivos de corte en los conductores en paralelo.
Este apartado no se refiere a los circuitos de bucle.
El reparto de la corriente entre los conductores en paralelo es función de su impedancia.
Para los conductores unipolares de gran sección, la componente inductiva de la impedancia es superior a la resistiva, teniendo más influencia la inductancia que la resistencia en el reparto de la corriente.
La componente inductiva depende de la situación física y de la naturaleza del entorno relativo para cada conductor. Si, por ejemplo, un circuito lleva dos conductores, de sección importante por fase, de la misma longitud, de las mismas características de construcción y sección, si tenemos una disposición desfavorable (por ejemplo cables de cada fase agrupados), el reparto de la corriente puede ser 70%/30% en vez de 50%/50%.

■ A.5.1. Conductores en paralelo con intensidades de circulación prácticamente iguales.

Si un solo dispositivo de protección actúa sobre varios conductores en paralelo, con un reparto de la intensidad prácticamente igual, el valor de la corriente I_Z a utilizar en el apartado “Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección”, página L/47, es la suma de las corrientes admisibles en los diversos conductores.

ITC-BT-07-1-2-6

Se supone que el reparto de la intensidad es prácticamente igual en todos los conductores cuando los conductores son del mismo material, la misma sección, aproximadamente la misma longitud, y no hay derivaciones a lo largo de su recorrido.

■ A.5.2. Conductores en paralelo con intensidades de circulación no iguales.

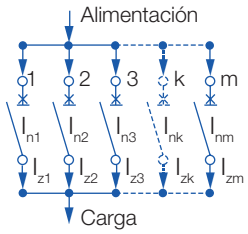
Si la utilización de un solo conductor por fase no es posible y si las corrientes en los conductores en paralelo no son iguales (por ejemplo con diferencias superiores al 10%), la corriente prevista y las prescripciones de protección contra las sobrecargas en cada conductor deben ser consideradas de forma individual.
La corriente en cada conductor puede calcularse partiendo de la carga total y de la impedancia de cada conductor.
Para un número total de conductores (m) en paralelo, la corriente I_{Bk} del conductor (k), se obtiene por:

$$I_{Bk} = \frac{I_B}{\left(\frac{Z_k}{Z_1} + \frac{Z_k}{Z_2} + \ldots \frac{Z_k}{Z_{k-1}} + \frac{Z_k}{Z_k} + \frac{Z_k}{Z_{k+1}} + \ldots \frac{Z_k}{Z_m}\right)}$$

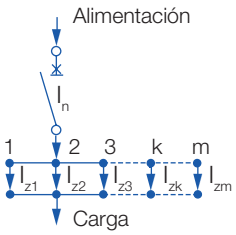
donde:
I_B: es la corriente de empleo del circuito.
I_{Bk}: es la corriente en el conductor k.
Z_k: es la impedancia del conductor k.
Z_1 y Z_m: son las impedancias respectivas de los conductores de (1) a (m).
Para los cables unipolares, la impedancia depende de las posiciones relativas a los cables así como su naturaleza, por ejemplo apantallados o no. Los métodos de cálculo de las impedancias son complicados por la propia función del entorno.

Es recomendable conocer la intensidad de reparto en cada conductor por medición.
Atendiendo el apartado “Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección”, página L/47, tendremos:
□ La corriente prevista I_{Bk}: $I_{Bk} \leqslant I_n \leqslant I_{zk}$.
□ El valor utilizado para I_Z:
– Si la corriente admisible de cada conductor es I_{Zk}, y se instala un dispositivo de protección para cada conductor, debemos considerar: $I_{Bk} \leqslant I_{nk} \leqslant I_{zk}$.
□ Si la suma de las corrientes admisibles en cada conductor, ΣI_{Zk}, y se instala un solo dispositivo de protección, debemos considerar: $I_B \leqslant I_n \leqslant \Sigma I_{zk}$.
Donde:
I_{nk}: es la corriente asignada al dispositivo de protección del cable (k).
I_{zk}: es la corriente admisible del conductor (k).
I_n: es la corriente asignada del dispositivo de protección.
ΣI_{Zk}: es la suma de corrientes admisibles de los (m) conductores en paralelo.

Protección individualizada



Protección colectiva

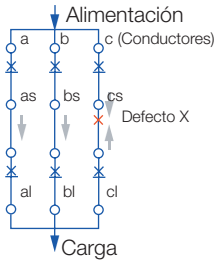


Nota: Para las canalizaciones prefabricadas, las indicaciones deben ser dadas por los constructores de conformidad a la UNE-EN 60439.

A.6. Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo

Puesto que los conductores están conectados en paralelo, debemos considerar la eventualidad de un cortocircuito entre los conductores.
Si dos conductores están conectados en paralelo, y si el funcionamiento de un solo dispositivo de protección no puede asegurar la protección, entonces es conveniente colocar un dispositivo de protección para cada conductor.
Si más de dos conductores son conectados en paralelo, pueden existir múltiples defectos, puede ser necesario prever una protección contra los cortocircuitos a cada cabecera de cada conductor en paralelo.

Situación A



Situación B

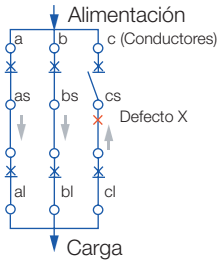


Fig. L2-013: *protección contra cortocircuitos de los conductores en paralelo, situaciones en caso de defecto.*

La Fig. L2-013 situación A.6., muestra que, si aparece un defecto en el conductor (c) en el punto (x), la corriente de defecto circula por todos los conductores. El valor y la parte de corriente de defecto circulante a través de los dispositivos de protección (cs) y (cl) depende del emplazamiento del defecto.

En el caso del ejemplo se observa que la mayor parte de la corriente de defecto circula a través de (cs).
La Fig. L2-013 situación B, muestra que después de desconectar la protección (cs), el defecto del punto (x) continúa siendo alimentado a través de los conductores (a) y (b), y se repartirá inversamente en función de su propia impedancia. Lo más probable la mitad para cada uno, pudiendo ser que esta cantidad de intensidad de defecto no sea suficiente para desconectar sus dispositivos de protección en el tiempo adecuado. En este caso el dispositivo (cl) es necesario, él debe desconectar aunque la corriente circulante por cl sea inferior a la que circule por (cs). Si el defecto (x) se sitúa más cerca de (cl) que de (cs) el proceso descrito sería inverso.
La misma situación tendríamos si el defecto (x) estuviera en los conductores (a) o (b), por tanto los dispositivos de protección (al) y (bl) son necesarios.

ITC-BT-22-1-1b

B. Protección contra las corrientes de cortocircuito

B.1. Emplazamientos del dispositivo de protección contra los cortocircuitos

Un dispositivo que asegure la protección contra los cortocircuitos debe colocarse en el lugar donde una reducción de sección de los conductores, o cualquier otro cambio entrañe una modificación de las características definidas en el apartado (A.1.1.), a excepción de los casos mencionados en los apartados siguientes (B.2. y B.3.).

B.2. Desplazamientos del dispositivo de protección contra los cortocircuitos

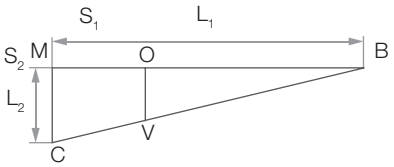
Los diferentes casos enunciados en este apartado no deben ser aplicados en las instalaciones situadas en los locales (o emplazamientos) que presenten riesgos de incendios o de explosión y cuando las reglas particulares de ciertos locales especifiquen condiciones diferentes.

Nota: Las reglas particulares serán definidas en cada tipo de instalación.

Se admite no colocar dispositivos de protección contra los cortocircuitos en un lugar tal como se define en el apartado (B.1.) y en los casos enunciados en los dos apartados siguientes (B.2.1. y B.2.2.).
■ B.2.1. La parte de canalización comprendida entre, por una parte, la reducción de sección u otro cambio y el dispositivo de protección, por otra parte, y si responde simultáneamente a las tres siguientes condiciones:
□ Su longitud no es superior a 3 m.
□ Está realizada de forma que reduzca al mínimo el riesgo de un cortocircuito.

Nota: Esta condición puede obtenerse, por ejemplo, por un refuerzo de las protecciones de la canalización contra las influencias externas.

□ Está dispuesta de forma que reduzca al mínimo los riesgos de incendio, o de peligro para las personas.
■ B.2.2. Un dispositivo de protección situado aguas arriba de la reducción de sección u otro cambio posee una característica de funcionamiento tal que protege contra los cortocircuitos, de conformidad al segundo párrafo del apartado “Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos”, página L/48.
□ La prescripción del apartado puede cumplirse utilizando el método siguiente:



$S_2 \leqslant S_1$

– La longitud de la canalización situada aguas abajo, de sección S_2, no debe ser superior a la determinada por el siguiente diagrama triangular:
MB = L_1: Longitud máxima de canalización de sección S_1, protegida contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección colocado en M.
MC = L_2: Longitud máxima de canalización de sección S_2 protegida contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección colocado en M.
– La longitud máxima de canalización derivada en O, de sección S_2, protegida contra los cortocircuitos por el dispositivo colocado en M, viene dada por la longitud OV.

Notas:
■ Este método puede aplicarse igualmente al caso de tres canalizaciones sucesivas de secciones diferentes.
■ Cuando para la sección S_2 las longitudes de canalizaciones difieren según la naturaleza de aislamiento, el método es aplicable tomando como longitud: $MB = L_2 \cdot S_1/S_2$ cuando, para la sección S_2, las longitudes de canalizaciones son las mismas, cualquiera que sea la naturaleza del aislamiento, el método es aplicable tomando como longitud: $MB = L_1$.

B.3. Casos donde se puede omitir la protección contra los cortocircuitos

Se puede omitir la protección contra los cortocircuitos en los siguientes casos:
■ Canalizaciones que unen las máquinas generadoras, los transformadores, los rectificadores, las baterías de acumuladores a los paneles de control correspondientes, estando situados los dispositivos de protección en estos paneles.
■ Circuitos cuyo corte podría entrañar peligros para el funcionamiento de las instalaciones afectadas, tales como los citados en el apartado A.4.
■ Ciertos circuitos de medida; con la condición de que se cumplan, simultáneamente, los dos requisitos siguientes:
□ La canalización se realiza de forma que reduzca al mínimo el peligro de incendio (ver la segunda condición del apartado B.2.1.).
□ La canalización no debe situarse junto a materiales combustibles.

C. Disposiciones según la naturaleza de los circuitos

ITC-BT-22

C.1. Protección de los conductores de fase

■ C.1.1. La detección de sobreintensidades debe preverse sobre todos los conductores de fase; debe provocar el corte del conductor en el que la sobreintensidad es detectada, pero no debe provocar necesariamente el corte de los otros conductores activos, a excepción del caso mencionado en el apartado C.2.
■ C.1.2. En el esquema TT, sobre los circuitos alimentados entre fases y en los que el conductor neutro no es distribuido, la detección de sobreintensidad puede no estar prevista sobre uno de los conductores de fase, con la condición de que las cláusulas siguientes se cumplan simultáneamente:
□ Existe, sobre el mismo circuito, aguas arriba, una protección de corriente diferencial residual que debe provocar el corte de todos los conductores de fase.
□ No existe distribución del conductor neutro a partir de un punto neutro artificial sobre los circuitos situados por detrás del dispositivo de protección de corriente diferencial residual, mencionado en el anterior apartado.

Nota: Para los dos apartados. si el corte de una sola fase puede entrañar un peligro, por ejemplo en el caso de motores trifásicos, deben tomarse precauciones apropiadas.

ITC-BT-22

C.2. Protección del conductor neutro

■ C.2.1. Esquemas TT o TN:
□ Cuando la sección del conductor neutro es como mínimo igual o equivalente a los conductores de fase, no es necesario prever una detección de sobreintensidad ni un dispositivo de corte sobre el conductor neutro.
□ Cuando la sección del conductor neutro es inferior a la de los conductores de fase, es necesario prever una detección de sobreintensidad sobre el conductor

neutro, apropiada a la sección de este conductor; esta detección debe efectuar el corte de los conductores de fase, pero no necesariamente el conductor neutro. No obstante, se admite no prever detección de sobreintensidad sobre el conductor neutro si las dos cláusulas siguientes se cumplen simultáneamente:
– El conductor neutro está protegido contra los circuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase del circuito.
– La intensidad máxima susceptible de recorrer el conductor neutro es, en servicio normal, netamente inferior al valor de la intensidad admisible en este conductor.

Notas:
■ Esta segunda cláusula se cumple si la potencia transportada se reparte lo más uniformemente posible entre las diferentes fases, por ejemplo, si la suma de las potencias absorbidas por los equipos de consumo alimentados entre cada fase y el neutro (alumbrado y tomas de corriente) es muy inferior a la potencia total transportada por el circuito interesado. La sección del conductor neutro será como mínimo igual al valor especificado en una norma de instalación particular.
■ Se recuerda que en el esquema TN-C, el conductor PEN no debe jamás ser cortado.

ITC-BT-24.4.1.1

■ Cuando el conductor neutro y el conductor de protección sean comunes (esquemas TN-C), no podrán utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial residual.

■ C.2.2. Esquema IT.
En los esquemas IT se recomienda encarecidamente no distribuir el conductor neutro.
No obstante, cuando se distribuye el conductor neutro, debe preverse una detección de sobreintensidad sobre el conductor neutro de todo el circuito, detección que debe producir el corte de todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro. Esta disposición no es necesaria si:
□ El conductor neutro considerado está efectivamente protegido contra los cortocircuitos por un dispositivo de protección situado aguas arriba, por ejemplo, en el origen de la instalación, conforme al apartado “Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos”, página L/48.
□ Si el circuito considerado está protegido por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual, cuyo umbral de desconexión es como máximo igual a 0,15 veces la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe cortar todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro.

ITC-BT-06-3-6
ITC-BT-16-3
ITC-BT-19-2-7
ITC-BT-22-1-2

C.3. Corte y conexión del conductor neutro

Cuando el corte del conductor neutro sea obligatorio, el corte y la conexión del conductor neutro deben ser tales que el conductor neutro no sea cortado antes que los conductores de fase y que se conecte al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.
La tabla siguiente indica cómo se aplican las prescripciones enunciadas en el apartado C.

P: significa que debe preverse un dispositivo de protección sobre el conductor correspondiente.
S_n: sección del conductor neutro (N).
S_f: sección del conductor de fase (f).
(1): supone que se cumplen las dos condiciones.
(2): salvo en caso de protección por corriente diferencial residual.
(3): se aplica en el apartado C.3.
(4): salvo en el caso del apartado C.1.2.
(5): salvo en el caso del segundo párrafo del apartado C.2.1.
(6): salvo si el conductor neutro está efectivamente protegido contra los cortocircuitos o si existe por delante una protección por corriente diferencial-residual conforme al apartado C.2.2.

Esquemas	Circuitos				
	III + N		III	I + N	II
	$S_n \geq S_f$	$S_n < S_f$			
	f f f N	**f f f N**	**f f f**	**f N**	**f f**
TN-C	P P P –	P P P – (1)	P P P	P –	P P
TN-S	P P P –	P P P P (3) (5)	P P P	P –	P P
TT	P P P –	P P P P (3) (5)	P P P (2) (4)	P –	P P (2)
IT	P P P P (6) (3)	P P P P (3) (6)	P P P	P P (6) (3)	P P (2)

Tabla. L2-014: *protecciones contra las sobreintensidades en los diferentes circuitos, fases y neutros.*

2.4. Las medidas de protección contra las sobretensiones

Para cumplimentar este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE 20460-99 parte 4-442 y la parte 443.

Ver capítulo H2, apartado 4, página H2/249 “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones” del 2.° Volumen.

2.4.1. Medidas de protección de las instalaciones de BT contra los defectos a tierra de las instalaciones de AT/MT

■ La circulación de una corriente de defecto en la toma de tierra de masas del centro de transformación provoca una elevación importante del potencial de estas masas con relación al potencial de tierra cuyo valor depende:
□ De la intensidad de corriente de defecto.
□ De la resistencia de la toma de tierra de las masas del centro de transformación.
■ La corriente de defecto puede provocar:
□ Una elevación general del potencial de la instalación de baja tensión con relación a tierra, es decir, solicitaciones de tensión que pueden provocar cebados en el material de baja tensión.
□ Una elevación general del potencial de las masas de la instalación de BT con relación a tierra que puede aumentar las tensiones de defecto y de contacto.

Solicitaciones de aislamiento de los materiales para circuitos de BT

El valor y la duración de las solicitaciones de aislamiento a tensión y frecuencia industrial de los materiales de las instalaciones de baja tensión, debidas a un defecto a tierra en las instalaciones de AT o MT, no deben ser superiores a los valores de la tabla.

Solicitaciones admisibles de aislamiento a tensiones máximas, en instalaciones de BT (V) (V en valor eficaz) en VI	Tiempo de desconexión máximo de los dispositivos de protección en AT o MT, a una fuga en (s)
U_0 + 250 V	> 5
U_0 + 1.200 V	⩽ 5

Tabla L2-015: *tabla de solicitaciones de aislamiento mínimas en redes de BT.*

En un esquema IT, el valor de U_0 será reemplazado por U (entre fases).

Notas:

■ La solicitación de tensión a frecuencia industrial de la tensión que aparece sobre el aislamiento de los materiales de baja tensión y sobre los pararrayos conectados a la red de baja tensión.

■ Las reglas relativas a las solicitaciones de tensión para los materiales de BT del centro de transformación, se exponen en el apartado "Limitación de las solicitaciones de tensión en los materiales de BT del centro de transformación".

■ La primera línea de la tabla considera un defecto en una red de AT o MT, que presente tiempos de corte largos, por ejemplo neutro aislado y unido a tierra a través de una impedancia. La segunda línea de la tabla tiene en cuenta las redes de AT o MT, que presenten tiempos de corte cortos, por ejemplo redes de AT o MT unidas a tierra a través de una pequeña impedancia. El conjunto de las dos líneas forma los criterios de diseño adecuados para el aislamiento de los materiales de BT frente a las sobretensiones temporales (véase apartado 3-7-1 de la IEC 60664-1).

■ En una red cuyo neutro está unido a la toma de tierra del centro de transformación, cualquier sobretensión industrial es susceptible de atravesar un aislamiento en una envolvente no puesta a tierra cuando el material está en el exterior del edificio.

Leyenda general

I_E: es la resistencia de defecto a tierra en la instalación de AT/MT, que circula por la toma de tierra de las masas del centro de transformación.

R_E: es la resistencia de la toma de tierra de las masas del centro de transformación. Los valores de R_E pueden estar influenciados por la impedancia de tierra de la conexión equipotencial principal y de las otras tomas de tierra.

R_A: es la resistencia de la toma de tierra de las masas de los materiales de la instalación de BT.

R_B: es la resistencia de la toma de tierra del neutro de la red de BT, para redes con la puesta a tierra del neutro y la puesta a tierra de las masas son independientes. Los valores de R_B pueden estar influenciados por la impedancia de tierra de la conexión equipotencial principal y de las otras tomas de tierra.

U_0: es la tensión entre fase y neutro de la instalación de BT.

U_f: es la tensión que aparece en la instalación de BT, entre las masas y tierra, al producirse un defecto.

U_1: es la solicitación de tensión para los materiales de BT del centro de transformación.

U_2: es la solicitación de tensión para los materiales de la red de BT.

Los símbolos complementarios siguientes se utilizan en el esquema IT, en el que las masas de los materiales de la instalación de BT están unidos a una tierra eléctricamente independiente de la toma de tierra del centro de transformación.

I_h: es la parte de la corriente de defecto que se evacua por la tierra de masas de los materiales de la instalación de BT en presencia del defecto en AT/MT.

I_d: es la corriente de defecto que circula por la tierra de las masas de los materiales de la instalación de BT en presencia del primer defecto en las redes de BT.

Z: impedancia de la toma de tierra de neutro de la instalación de BT para instalaciones de BT en las que la toma de tierra del centro de transformación y la del neutro son eléctricamente independientes.

Una toma de tierra puede ser considerada como eléctricamente independiente de otra, si una elevación de potencial con respecto a tierra en una de ellas no entraña un elevación de potencial inaceptable en la otra toma de tierra. Véase el capítulo 9 de pr/UNE-EN 50179, prescripciones relativas a las tomas de tierra independientes.

Puestas a tierra de los centros de transformación

En los centros de transformación deben realizarse las puestas a tierra de conformidad al capítulo 9 de pr/UNE-EN 50179.

Nota: En el capítulo 9 de pr/EN 50179, se dan las prescripciones para las dimensiones, la construcción y las medidas de las tomas de tierra y para las conexiones, cuando sea preciso, de las masas y de los elementos conductores del centro de transformación.

Requisitos aplicables según el esquema de las conexiones a tierra de las instalaciones de baja tensión

Esquema TT:

a) El conductor neutro de la instalación puede estar unido a la toma de tierra de las masas del centro de transformación cuando la relación entre la solicitación de tensión $U_2 = (R_E \cdot I_E + U_0)$ y el tiempo de corte definido por el ábaco de la Fig. L2-025, página L/65, es adecuada para los materiales de BT (esquema en la Fig. L2-016).

Nota: Si el centro de transformación forma parte de la toma de tierra global, son aplicables las prescripciones apropiadas del pr/EN 50179.

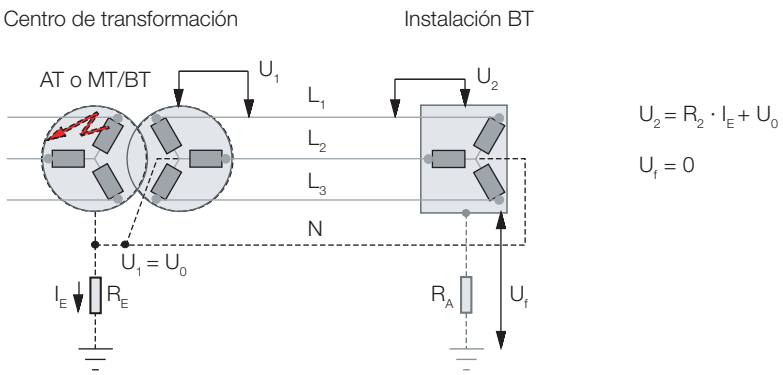


Fig. L2-016: *esquema TT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador.*

b) Si la condición primera (a) no se satisface, el conductor neutro de la instalación de BT debe estar conectado a una toma de tierra eléctricamente distinta (esquema de la Fig. L2-017). En este caso, son aplicables las condiciones del apartado Esquemas TN y TT.

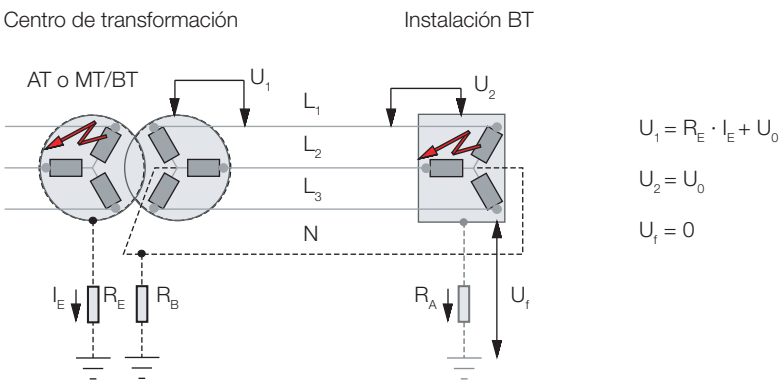


Fig. L2-017: *esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la masa del transformador.*

Esquema IT

a) Las masas de la instalación de BT pueden estar conectadas a la toma de tierra de masas del centro de transformación cuando la tensión $U_f = (R_E \cdot I_E)$, es evacuada en el tiempo especificado en el ábaco de la Fig. L2-025, página L/65 (véanse Figs. L2-018 y L2-019).

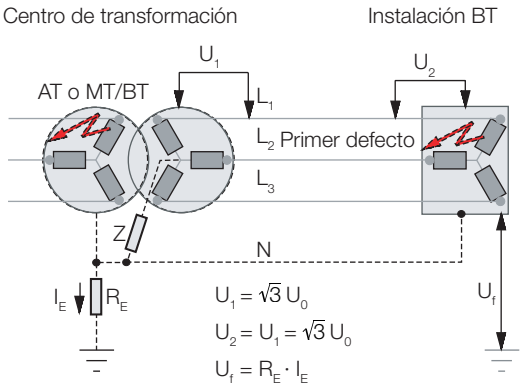


Fig. L2-018: *esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de la masa del transformador y de las masas de la red de BT.*

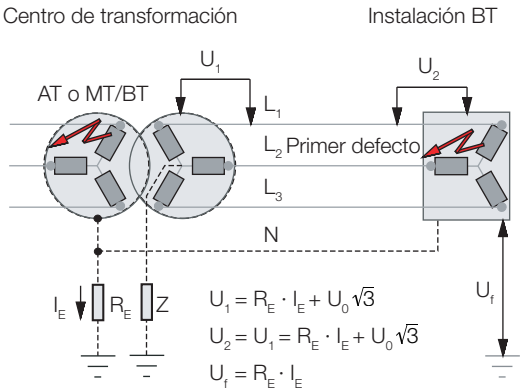


Fig. L2-019: *esquema IT masa del transformador y del circuito de BT conectadas a una toma de tierra diferente a la del neutro de la instalación.*

Si esta condición no es satisfecha, las masas de la instalación de BT deben estar conectadas a una toma de tierra distinta de las masas del centro de transformación (véanse las Figs. L2-020 y L2-021), y en esquema IT (véase la Fig. L2-022), la resistencia de la toma de tierra de las masas de los materiales de la instalación de BT debe ser suficientemente pequeña para que la tensión $U_f = R_A \cdot I_H$ (en este caso), sea evacuada en un tiempo compatible con el ábaco de la Fig. L2-025, página L/65.

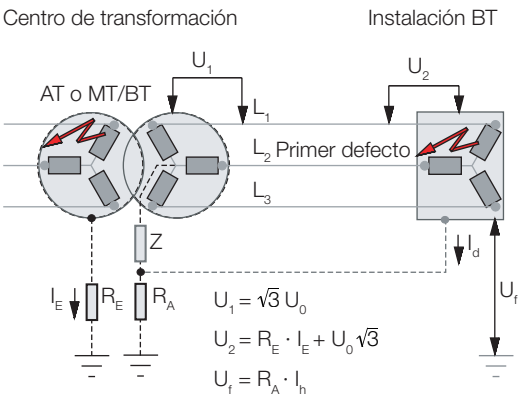


Fig. L2-020: *esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas de la red de BT y otra toma para las masas del transformador.*

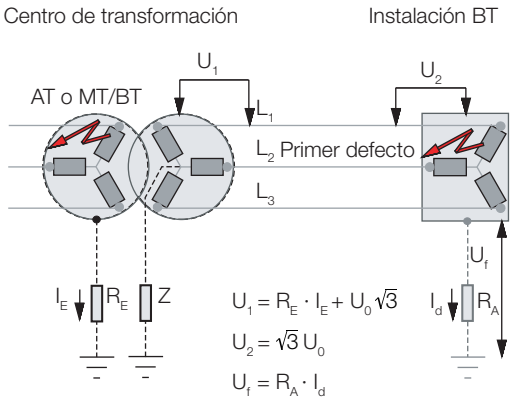


Fig. L2-021: *esquema IT masa del transformador conectada a una toma de tierra diferente a la del neutro y a las masas de la red de BT. Neutro conectado a tierra a través de una impedancia.*

b) La impedancia de neutro de la instalación de BT, si existe, puede ser conectada a la toma de tierra de las masas del centro de transformación (Fig. L2-022) cuando las masas de la instalación están conectadas a una toma de tierra eléctricamente distinta de las masas del centro de transformación y cuando la relación entre la solicitación de tensión ($R_E \cdot I_E + \sqrt{3}\, U_0$) y el tiempo de corte definido por el ábaco de la Fig. L/65, página L2/066 es cumplida por los materiales de la instalación.

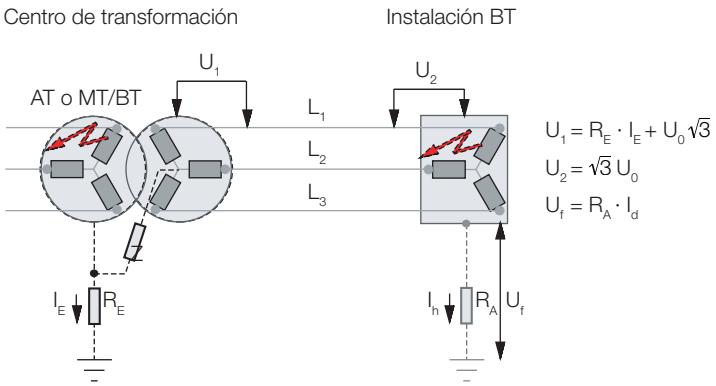


Fig. L2-022: *esquema IT neutro conectado a la misma toma de tierra de las masas del transformador, a través de una impedancia.*

Si esta condición no es satisfecha, la impedancia de neutro debe ser unida a una toma de tierra eléctricamente distinta (Figs. L2-020 y L2-021). En este caso, son aplicables las condiciones del esquema IT.

Esquema TN

a) El conductor neutro de la red de baja tensión puede estar conectado a la tierra del centro de transformación si la tensión de defecto $U_f = R_E \cdot I_E$ es evacuada en el tiempo indicado en el ábaco de la Fig. L2-025, página L/65 (véase Fig. L2-023).

Notas:

■ Esta condición es aplicable, si el conductor neutro de la red de BT (PEN esquema TN-C) está solamente puesto a la tierra del transformador. Si el conductor neutro o el conductor PEN está puesto a tierra en varios puntos, las prescripciones del pr/EN 50179 pueden ser aplicables.

■ Generalmente, en el esquema TN (ver Fig. L2-023), en el caso de un edificio con conexión equipotencial, no aparece ninguna tensión de contacto.

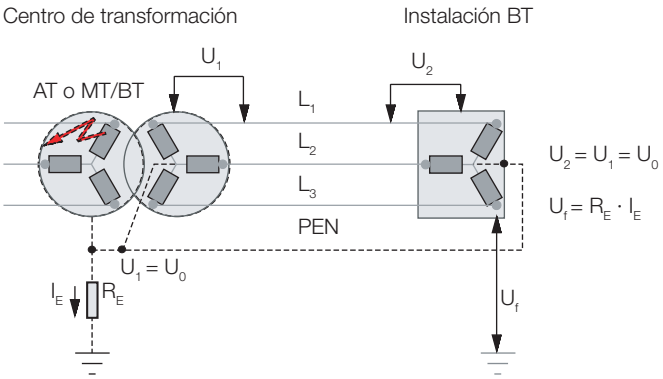


Fig. L2-023: *esquema TN neutro conectado a la toma de tierra de la masa del transformador.*

b) Si el conductor neutro de la red de BT no está unido a la toma de tierra del centro de transformación conforme a la condición anterior (a), el conductor neutro de la instalación de BT debe estar unido a una toma de tierra eléctricamente distinta (esquema TN, Fig. L2-024). En este caso son aplicables las condiciones del apartado “Esquemas TN y TT”.

Nota: Si el centro de transformación está en el interior de un edificio, las tomas de tierra del centro de transformación y del neutro de la red de baja tensión pueden no ser eléctricamente independientes.

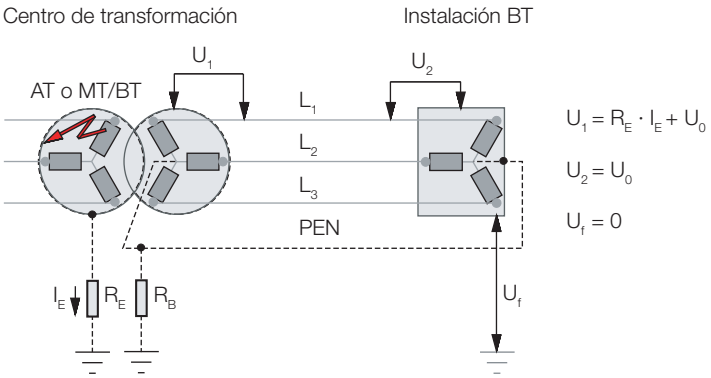


Fig. L2-024: *esquema TT neutro conectado a otra toma de tierra de la masa del transformador.*

Limitación de las solicitaciones de tensión en los materiales de BT del centro de transformación

Esquemas TN y TT

Cuando en los esquemas TN y TT, la toma de tierra del neutro es eléctricamente distinta de la de las masas del centro de transformación (ver Figs. L2-017 y L2-024), el nivel de aislamiento de los materiales de baja tensión del centro de transformación debe ser compatible con la solicitación de tensión ($R_E \cdot I_E + U_0$).

Esquema IT

Cuando en el esquema IT la toma de tierra de las masas de la instalación y la impedancia de neutro eventualmente son eléctricamente distintas de la de las masas del centro de transformación (Figs. L2-020 y L2-021), el nivel de aislamiento de los materiales de BT del centro de transformación debe ser compatible con la solicitación de tensión ($R_E \cdot I_E + \sqrt{3}\, U_0$).

Nota: La Cía. distribuidora de energía puede dar indicaciones sobre las solicitaciones de tensión susceptibles de producirse.

Solicitaciones de tensión en caso de rotura del conductor neutro en esquemas TN y TT

Se llama la atención sobre el hecho de que en caso de rotura del conductor neutro en esquemas trifásicos TN o TT, los aislamientos principal, doble y reforzado así como las componentes dimensionadas para la tensión simple, pueden estar sometidas temporalmente a la tensión compuesta. La solicitación de tensión puede alcanzar ($U = \sqrt{3}\ U_0$).

Solicitaciones de tensión en caso de puesta a tierra accidental en esquema IT

Se llama la atención sobre el hecho que en caso de puesta a tierra accidental de un conductor de fase en esquema IT, los aislamientos principal, doble y reforzado así como las componentes dimensionadas para la tensión simple, pueden estar sometidas temporalmente a la tensión compuesta. La solicitación de tensión puede alcanzar ($U = \sqrt{3}\ U_0$).

Abaco de la relación tiempos de desconexión tensiones de contacto

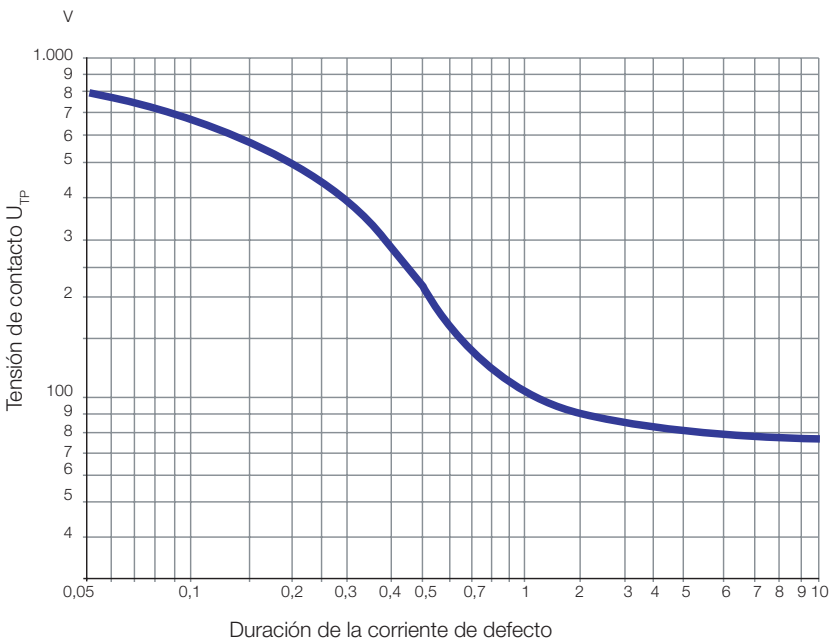


Fig. L2-025: *duración máxima de la tensión Uf debida a un defecto en la instalación de AT/MT.*

Nota: Esta figura se ha deducido de la IEC 60479, teniendo en cuenta las condiciones en las que una persona puede estar sometida a un riesgo de choque eléctrico en la instalación de BT, en caso de defecto en la instalación de AT/MT. Para aclaraciones complementarias, véase el pr/EN 50179.

Solicitaciones de tensión en caso de cortocircuito entre fase y neutro

Se llama la atención sobre el hecho que en caso de cortocircuito entre fase y neutro, las solicitaciones de tensión pueden alcanzar el valor de 1,45 U_0 en el transcurso de una duración no superior a 5 s.

ITC-BT-23

2.4.2. Medidas de protección contra las sobretensiones de origen atmosférico

Debemos tomar en consideración las sobretensiones que puedan aparecer al origen de una instalación, el nivel ceráunico presumido en la zona, el emplazamiento y las características de los dispositivos de protección contra las

sobretensiones, de forma que la probabilidad de incidentes por sobretensiones sean reducidas a un nivel aceptable para la seguridad de las personas y de los materiales y por la continuidad de servicio.
Ver capítulo H1, apartado 4, página H1/157 “Las medidas de protección contra las sobretensiones transitorias” del 2.° Volumen. Ver capítulo H2, apartado 4, página H2/249 “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones” del 2.º Volumen.

Clasificación en categorías de las formas de combatir las sobretensiones

Las categorías se basan en distinguir los grados de disponibilidad de los materiales, en función de la probabilidad de continuidad de servicio y el riesgo aceptable de fallo del servicio. Con la elección adecuada en la gama de diferentes resistencias de los materiales a los choques eléctrico, permite realizar una coordinación del aislamiento apropiado en la instalación, reduciendo así el riesgo de fallo a valores aceptables, dominando así los efectos de las sobretensiones.
El concepto de categoría de resistencia a los choques eléctricos es utilizado por los materiales que se alimentan directamente de las redes.

Nota: Las sobretensiones de origen atmosférico no se reducen, significativamente, a lo largo del recorrido de una instalación, por tanto el concepto de atenuación forzada es una aplicación útil.

ITC-BT-23-2-2

Descripción de las categorías de los materiales

■ Los materiales de categoría I son los destinados a ser conectados a instalaciones fijas de los edificios.
En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los materiales; en la instalación fija o entre la instalación y los materiales, a fin de limitar las sobretensiones transitorias a un nivel determinado.
■ Los materiales de categoría II son los materiales amovibles destinados a ser conectados en las instalaciones eléctricas fijas de los edificios.

Nota: Ejemplos de estos materiales pueden ser los electrodomésticos, los útiles portátiles y otras cargas análogas.

■ Los materiales de categoría III son los pertenecientes a la misma instalación fija o materiales que deben desarrollar un alto nivel de fiabilidad.

Nota: Ejemplos de estos materiales son los armarios de distribución, los interruptores automáticos, las canalizaciones, los cables, los juegos de barras, las juntas de dilatación, los interruptores, las bases y las tomas de corriente de la instalación fija, de los materiales de uso industrial, y otros materiales tales como los motores fijos con conexión permanente a la instalación fija.

■ Los materiales de categoría IV son los materiales utilizados al origen de la instalación o cerca del origen, aguas arriba del cuadro general de distribución CGD.

Nota: Ejemplos de estos materiales son los contadores eléctricos, los materiales principales de protección contra las sobreintensidades y los dispositivos de telemedida.

ITC-BT-23-3-1

Disposiciones para controlar las sobretensiones

Situación natural:

■ Cuando las líneas de alimentación en BT son totalmente subterráneas, el umbral de resistencia a la tensión de choque expresada en la Tabla L2-026 es suficiente y ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico es necesaria.

Nota: Una línea aérea construida con conductores eléctricos aislados y con pantalla metálica unida a la tierra o con un conductor puesto a tierra, se considera equivalente a una línea subterránea.

■ Cuando las líneas de alimentación en BT son total o parcialmente aéreas y están situadas en una zona con una influencia externa AQ 1 (< 25 días por año), ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico es necesaria.

Notas:

■ Una protección adicional contra las sobretensiones puede ser necesaria en las anteriores situaciones y si se requiere un alto nivel de fiabilidad o por alimentar una instalación con gran riesgo (por ejemplo riesgos de incendios).

■ Conforme a la IEC 61024-1, 25 días de tormenta por año son equivalentes a 2,24 caídas de rayos por km^2 y por año. Proviene de la fórmula: $N_g = 0{,}04\ T_d^{1{,}25}$.

Donde: N_g es la frecuencia de caídas de rayos por km^2/año.
T_d es el número de días tormentosos por año.

ITC-BT-23-2-2

Situación controlada

■ Cuando las líneas de alimentación en BT son total o parcialmente aéreas y están situadas en una zona con una influencia externa AQ 2 (> 25 días por año), una protección suplementaria contra las sobretensiones de origen atmosférico es necesaria y la tensión residual de los dispositivos de protección aplicados no debe ser superior a la correspondiente a los materiales de clase II en la Tabla L2-026.

Notas:

■ El nivel de sobretensión puede ser controlado por dispositivos de protección situados sobre la misma línea aérea de alimentación o por descargadores situados en el edificio.

■ Una protección adicional, en determinados puntos, contra las sobretensiones puede ser necesaria, si se requiere un alto nivel de fiabilidad o por alimentar una instalación con gran riesgo (por ejemplo riesgos de incendios) y el nivel de riesgo aceptable depende de la utilización de la instalación, el cual siempre pretenderemos que sea el mínimo posible.

■ En estas condiciones, la protección contra las sobretensiones de origen atmosférico situada en el interior del edificio puede ser:

□ Un dispositivo de protección correspondiente a un nivel de categoría II conforme a la IEC/DIS 364-5-534.

□ U otro tipo de dispositivo que garantice una atenuación de la sobretensión equivalente a la del dispositivo anterior.

ITC-BT-23-4

Elección de los materiales en la instalación

■ Los materiales deben ser elegidos de forma que la tensión asignada a la resistencia de los choques eléctricos no sea inferior al valor correspondiente de la Tabla L2-026. Es responsabilidad de la normalización correspondiente a los productos, de especificar la resistencia a los choques eléctricos de conformidad a la Tabla L2-025.

Tensión nominal de la instalación* en (V)		Tensión de resistencia a los choques eléctricos prescrita (en kV)			
Redes trifásicas**	Redes de término medio	Categoría IV Materiales para el origen de la instalación	Categoría III Materiales para la distribución y circuitos terminales	Categoría II Aparatos de utilización	Clase I Materiales especialmente protegidos
230/400**	120/240	4	2,5	1,5	0,8
277/480**	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5
1.000	-	Valores propuestos por los ingenieros de sistemas			

* Según la IEC 38.

** En Canadá y USA, para las tensiones superiores a 300 V en relación a la tierra, la tensión en consideración correspondiente a la de la columna inmediata superior.

Tabla L2-026: *tensiones asignadas a la resistencia a los choques eléctricos, prescritas para los materiales.*

Nota: La tensión asignada de resistencia a los choques eléctricos es el valor de resistencia a los choques eléctricos especificado por el constructor del aparato, de conformidad al apartado 1-3-9-2 de la IEC 60664-1).

■ Los materiales con una resistencia inferior a la tensión de choque especificada en la Tabla L2-026 pueden ser utilizados si se acepta un mayor riesgo.
Los dispositivos de protección contra los rayos y los materiales de protección en serie (aguas abajo del principal) deben soportar sin dañarse, las sobretensiones temporales expresadas en el apartado 2.4. “Las medidas de protección contra las sobretensiones”, página L/59.
Ver capítulo H2, apartado 4.1., página H2/249 “Elección de las protecciones” del 2.° Volumen.

2.5. Protección contra las interferencias electromagnéticas (CEM) en los edificios

Ver capítulo F, página F/41 “Compatibilidad electromagnética CEM” del 1.er Volumen.
■ Las interferencias electromagnéticas (IEM) pueden perturbar o degradar los sistemas o los materiales de tratamiento de la información. Materiales con componentes electrónicos o circuitos.
■ Las corrientes de los rayos, descargas o sobretensiones de maniobra, los cortocircuitos y otros fenómenos electromagnéticos pueden provocar sobretensiones e interferencias electromagnéticas.
Estos fenómenos aparecen:
□ Si existen grandes bucles metálicos.

Nota: Los sistemas equipotenciales o las estructuras metálicas de los edificios, los sistemas de canalizaciones no eléctricas por ejemplo, las alimentaciones de agua, gas, calefacción o aire acondicionado, pueden formar tales bucles de inducción.

□ Si canalizaciones eléctricas de sistemas eléctricos diferentes son instalados en trazados diferentes, por ejemplo para la alimentación de potencia y para señales de tratamiento de la información en el interior del edificio.
El valor de la tensión inducida depende del gradiente (di/dt) de la corriente perturbadora y de la dimensión del bucle.
■ Los cables de potencia que transportan intensidades de crecimiento rápido (di/dt), por ejemplo las corrientes de arranque de motores o las de mando de rectificadores, pueden inducir sobretensiones en los conductores de materiales de tratamiento de la información, pudiendo llegar a perturbar o degradar estos materiales u otros análogos.
■ En los locales destinados a prácticas médicas o en sus proximidades, los campos eléctricos o magnéticos propios de las instalaciones eléctricas (mal ejecutadas), pueden alterar los materiales de electromedicina.
Ver capítulo F, apartado 5.3., página F/103 “Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética” del 1.er Volumen; capítulo F, apartado 6.8., página F/152 “Los cuadros eléctricos y la CEM” del 1.er Volumen, y capítulo F, apartado 7.4., página F/264 “Las conducciones y la compatibilidad electromagnética” del 1.er Volumen.

Medidas a tomar
■ Todo material eléctrico debe satisfacer las prescripciones propias de este capítulo y las correspondientes de la CEM del material.
■ El fabricante y el instalador de material o circuitos eléctricos deben tener en consideración los siguientes puntos para reducir los efectos de las sobretensiones inducidas y las interferencias electromagnéticas:
□ Emplazamiento de las fuentes perturbadoras con respecto a los materiales sensibles a las perturbaciones.
□ Emplazamiento de los materiales sensibles en relación a los conductores o materiales recorridos por fuertes intensidades, tales como los embarrados generales o los ascensores.
□ Instalar descargadores de sobretensiones o filtros en los circuitos de alimentación de materiales sensibles.

□ Elección de los dispositivos de protección con retardos, para evitar desconexiones no deseadas perjudiciales a los transistores.
□ Equipotencialidad de las envolventes metálicas y las pantallas.
□ Separación apropiada, por alejamiento o apantallado, de los cables de potencia con respecto a los de corrientes débiles y el cruzamiento en ángulo recto de los mismos.
□ Emplazamiento de las fuentes perturbadoras con respecto a los materiales sensibles a las perturbaciones.
□ Emplazamiento de los materiales sensibles en relación a los conductores o materiales recorridos por fuertes intensidades, tales como los embarrados generales o los ascensores.

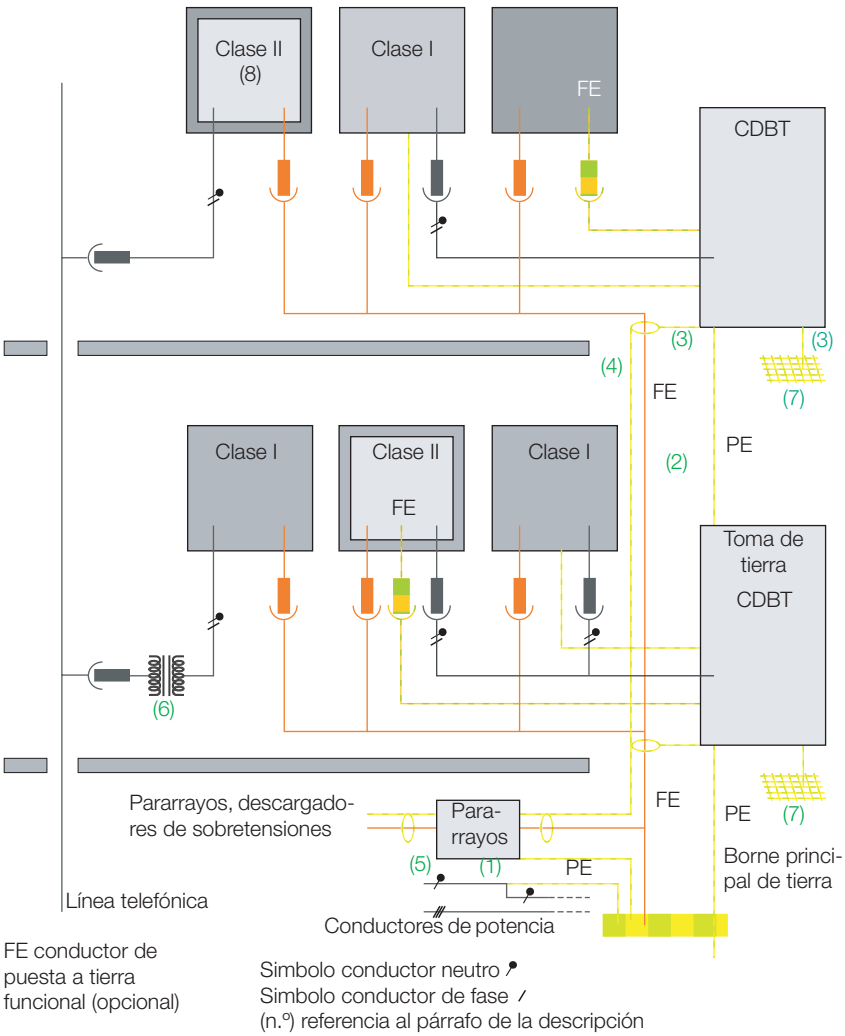


Fig. L2-027: *medidas contra los efectos de la CEM en un edificio existente.*

□ Instalar descargadores de sobretensiones o filtros en los circuitos de alimentación de materiales sensibles.
□ Elección de los dispositivos de protección con retardos, para evitar desconexiones no deseadas perjudiciales a los transistores.
□ Equipotencialidad de las envolventes metálicas y las pantallas.
□ Separación apropiada, por alejamiento o apantallado, de los cables de poten-

cia con respecto a los de corrientes débiles y el cruzamiento en ángulo recto de los mismos.

□ Separación apropiada, por alejamiento o apantallado, de las conducciones de grandes intensidades y los de corriente débiles, en relación a los conductores de conducción de las descargas eléctricas (ver IEC 1024-1).

□ Reducción de los bucles de inducción por elección de un camino común por las canalizaciones de diversos sistemas (2).

□ Utilización de cables blindados y o de pares trenzados para las corrientes débiles (4).

□ Conexiones equipotenciales lo más cortas posible (3).

□ Canalizaciones con conductores separados y apantallados con puesta a tierra o equivalentes.

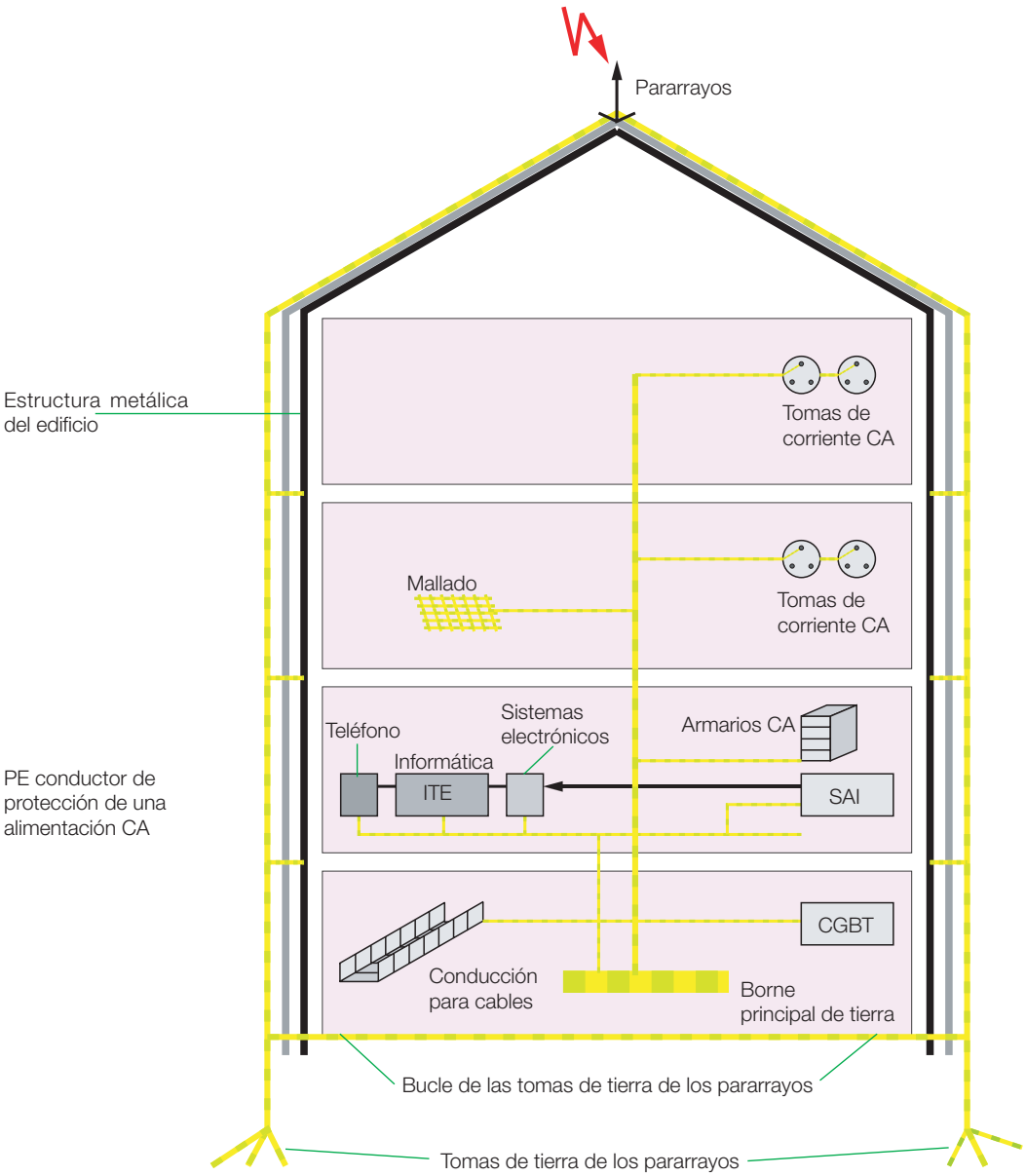


Fig. L2-028: *vista general de un sistema de puesta a tierra del edificio.*

□ Evitar el esquema TN-C en instalaciones con materiales sensibles (ver apartado "Compatibilidad de las instalaciones de tratamiento de la información con los conductores PEN en las instalaciones de los edificios", página L/145).
Para los edificios que comportan o son susceptibles de albergar de forma significativa materiales de tratamiento de la información, debe tomarse en consideración la utilización de conductores de protección (PE) separados del conductor neutro (N), a fin de minimizar los posibles problemas electromagnéticos o destructivos del paso de la corriente del neutro por los conductores de corrientes débiles (5).
□ En esquema TN-C-S en el interior de un edificio existen dos posibilidades según las disposiciones tomadas por la interconexión de materiales y partes conductoras:
– Transformar la sección TN-C de un esquema TN-C-S en una sección TN-S, en el tramo del interior del edificio.

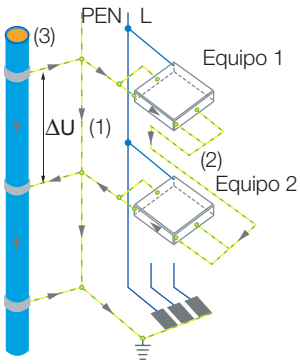


Fig. L2-029:
esquema TN-C en un edificio.

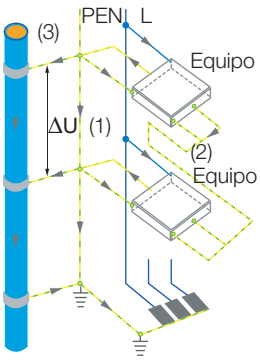


Fig. L2-030:
esquema TN-C-S en un edificio.

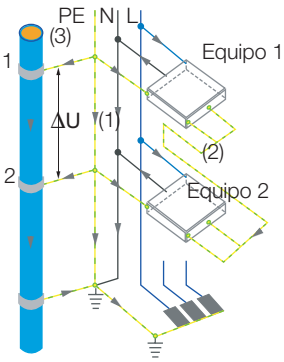


Fig. L2-031:
esquema TN-S en un edificio.

(1) Caída de tensión a lo largo del conductor de protección PEN o PE.
(2) Bucle de fase restringido.
(3) Elemento conductor.

– Evitar los bucles excesivos entre las diferentes secciones TN-S del esquema TN-C-S en el interior del edificio.

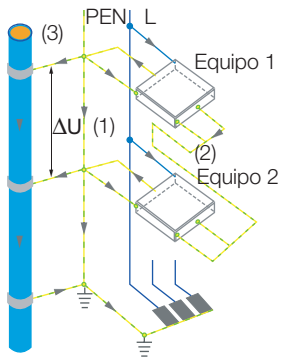


Fig. L2-032: *esquema TN-C-S en un edificio.*

(1) Caída de tensión a lo largo del conductor de protección PEN.
(2) Bucle de fase restringido.
(3) Elemento conductor.

□ Es conveniente que las canalizaciones metálicas (por ejemplo las del agua, el gas, la calefacción...) y los cables de alimentación de un edificio se introduzcan en él por un mismo camino o por caminos muy próximos.
Los blindajes, las pantallas, las tuberías metálicas y sus conexiones deben estar unidas entre ellas y a la unión equipotencial principal (UEP) del edificio en ayuda de los conductores de baja impedancia (1).

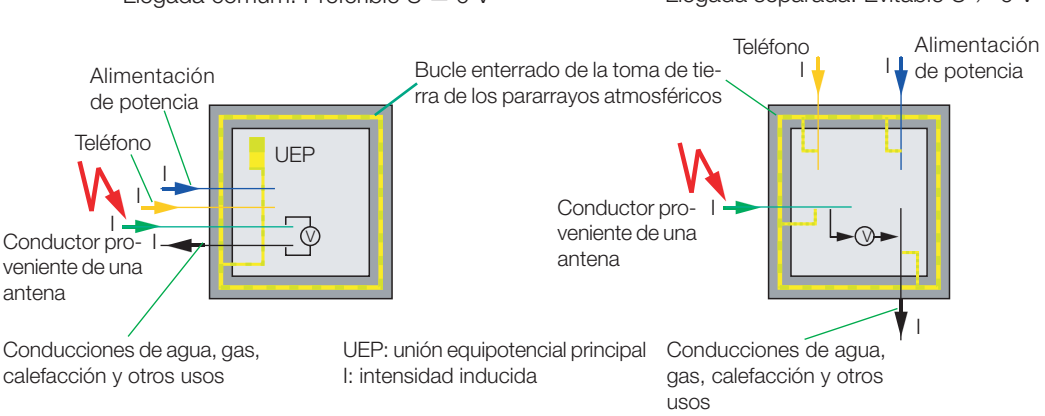


Fig. L2-033: *protección de conducciones metálicas o armadas de un edificio.*

□ En el caso de la unión de materiales de zonas distintas, a través de uniones equipotenciales separadas, es conveniente la unión de señal entre estos materiales con fibra óptica o elementos no conductores (infrarrojos).

Medidas para la conexión de corrientes débiles
En los edificios que disponen de un conductor PEN y puesto que las perturbaciones electromagnéticas aparecen en los conductores de corrientes débiles, en función de la inapropiada instalación eléctricas (ver apartado “Prevención contra la corrosión electrolítica”, página L/145), los métodos siguientes pueden ser tomados en consideración para evitar o minimizar el fenómeno (7).
■ Utilización de conexiones de fibra óptica para las corrientes débiles.
■ Utilización de material de clase II (8).
■ Utilización local de transformadores de bobinados separados (transformadores con dos arrollamientos aislados y apantallados) para la alimentación de materiales de tratamiento de la información, teniendo en cuenta las características generales, página L/1, los apartados “Esquema IT”, página L/21, “Esquema TN”, página L/23 y “Esquema TT”, página L/20 y el apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28. Por ejemplo transformadores de conformidad a la IEC 742 (6).
■ Utilización de trazados apropiados de las canalizaciones (o de los cables) a fin de minimizar las áreas de los bucles formados por los conductores de potencia (alimentación) y los de corrientes débiles.

2.6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

Para cumplimentar este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE-EN 20460-90 parte 4-45.

ITC-BT-19-2-7

Prescripciones generales

■ Deben tomarse precauciones en función que la falta de tensión y su restablecimiento pueden causar ocasiones peligrosas para las personas y los materiales.

De igual forma deben tomarse las precauciones adecuadas cuando una parte de la instalación o algún material pueda ser averiado por una bajada de tensión.
No se exige dispositivo de protección contra las bajadas de tensión, si los perjuicios sufridos por la instalación o por el material constituyen un riesgo aceptable sin causar peligro para las personas.
■ Los dispositivos de protección contra las bajadas de tensión pueden ser retardados si el funcionamiento del aparato que protegen admite sin ningún peligro una interrupción o bajada de tensión de corta duración.
■ Si se utilizan contactores, el retardo a la apertura y el cierre no debe impedir el corte instantáneo por los dispositivos de mando o de protección.
■ Las características de los dispositivos de protección contra las bajadas de tensión deben ser compatibles con las prescripciones de las normas UNE relativas a la puesta en servicio y a la utilización del material.
■ Cuando el rearme de un dispositivo de protección sea susceptible de crear una situación peligrosa, el rearme no debe ser automático.

2.7. Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando

Para cumplimentar este apartado nos hemos basado en las prescripciones de la norma UNE-EN 20460-90 parte 4-46:
■ Según la función deseada, todo dispositivo previsto para el seccionamiento o mando deberá estar de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.3.7. “Dispositivos de seccionamiento y mando”, página L/132.
■ En el esquema TN-C, el conductor PEN no podrá estar ni cortado ni seccionado. En el esquema TN-S, el conductor neutro, puede no estar cortado ni seccionado, si las condiciones de alimentación son tales que el conductor neutro sea ciertamente considerado como que está al potencial de tierra.

Notas:
■ En Francia y Noruega el conductor neutro no es considerado como que está ciertamente al potencial de tierra.
■ En todos los esquemas el conductor de protección no estará ni cortado ni seccionado.

ITC-BT-19-2-7

Seccionamiento

■ Cualquier circuito debe poder seccionarse en cada uno de sus conductores activos, a excepción de los citados anteriormente.
Estas disposiciones deben poder efectuarse para el seccionamiento de un conjunto de circuitos y por un mismo dispositivo, si las condiciones de servicio lo permiten.
■ Se preverán los medios necesarios para impedir toda puesta en tensión de las instalaciones de forma imprevista.

Nota: Estos medios pueden comprender una o varias de las siguientes medidas:
■ Bloqueo por candados.
■ Panel indicador de peligro.
■ Ubicación dentro de un local con cierre por llave o dentro de una envolvente.

La puesta en cortocircuito y a tierra podrá utilizarse como medida complementaria.
■ Cuando un material o una envolvente contenga partes activas unidas a varias alimentaciones se dispondrá un panel indicador de peligro, de tal forma que cualquier persona que accede a las partes activas sea prevenida de la obligatoriedad de seccionar estas partes de las diferentes alimentaciones, a menos que se haya previsto un dispositivo de enclavamiento para asegurar que todos los circuitos afectados están seccionados.
■ Estarán previstos los medios necesarios para asegurar la descarga de la energía almacenada.

Corte por mantenimiento mecánico

■ Se dispondrán los medios de corte necesarios para evitar que por mantenimiento mecánico se produzcan daños corporales.

Notas:

■ Por material mecánico alimentado con energía eléctrica se entienden tanto las máquinas rotativas como los sistemas de calefacción y los aparatos electromagnéticos.

■ Estas reglas no se aplican por sistemas alimentados por otras energías, por ejemplo bajo forma neumática, hidráulica o de vapor. En tales casos el corte de la alimentación eléctrica correspondiente puede no ser suficiente.

■ Estarán previstos los medios apropiados que impidan la puesta en funcionamiento inesperado del material durante el mantenimiento mecánico, a menos que los medios de corte estén bajo la vigilancia continua de todas las personas que efectúan dicho mantenimiento.

Nota: Estos medios pueden comprender una o varias de las siguientes medidas:

■ Bloqueo por candados.

■ Paneles indicadores de peligro.

■ Ubicación dentro de un local con cierre por llave o dentro de una envolvente.

ITC-BT-19-2-7

Corte y parada de emergencia

■ Estarán previstos los medios necesarios de corte por emergencia para toda parte de una instalación que necesite un control de su alimentación a fin de suprimir un peligro inesperado.

■ Cuando exista un riesgo de choque eléctrico, el dispositivo de corte por emergencia debe cortar todos los conductores activos.

■ Los medios de corte y parada de emergencia deben actuar lo más directamente posible sobre los conductores de alimentación.

Los dispositivos deben ser tales que una sola acción prorrogue el corte de la alimentación apropiada.

■ Los dispositivos del sistema de corte de emergencia deberán ser tales que su funcionamiento no provoque otro peligro ni interfiera en la operación de supresión del peligro.

■ Los medios de parada de emergencia deberán preverse cuando los movimientos producidos por medios eléctricos puedan ser causa de peligros.

Mando funcional

■ Está previsto un dispositivo de mando funcional sobre todo elemento de un circuito que necesite un mando independiente del resto de la instalación.

■ Los dispositivos de mando funcional no cortarán necesariamente todos los conductores activos de un circuito.

En el conductor neutro no se instalará el dispositivo de mando unipolar.

ITC-BT-19-2-7

■ En general, cualquier aparato de una instalación que necesite ser mandado, lo será por un dispositivo de mando funcional apropiado.

Un mismo dispositivo de mando puede mandar varios aparatos destinados a funcionar simultáneamente.

ITC-BT-19-2-7

■ Las tomas de corriente pueden asegurar el mando funcional cuando su corriente nominal sea de 16 A como máximo.

■ Los dispositivos de mando funcional que aseguren la conmutación de fuentes de alimentación deben cortar todos los conductores activos y no podrán hacer funcionar las fuentes de alimentación en paralelo, a menos que la instalación esté especialmente prevista según esta condición.

En estos casos no será tomada ninguna disposición para seccionar los conductores PEN o de protección.

ITC-BT-19-2-7a

Circuitos de mando (circuitos auxiliares)

Los circuitos de mando serán diseñados, instalados y protegidos de tal forma que sean limitados los peligros resultantes de un defecto entre el circuito de mando y otras partes conductoras susceptibles de provocar un mal funcionamiento del aparato a mandar (por ejemplo: una maniobra imprevista).

ITC-BT-47

Mando de motores

■ Los circuitos de mando para motores serán diseñados de tal forma que impidan un arranque automático de los motores después de una parada por caída o falta de tensión, si tal arranque fuera susceptible de provocar un peligro.

■ Si se ha previsto el frenado por contracorriente de un motor, se tomarán las precauciones necesarias para evitar la inversión del sentido de giro al final del frenado, cuando tal inversión pueda provocar un peligro.

■ Cuando la seguridad depende del sentido de rotación de un motor, se tomarán las medidas que eviten el funcionamiento de sentido inverso, provocado por ejemplo por falta de una fase.

3. Elección e instalación de materiales eléctricos

Las prescripciones para la elección e instalación de los materiales eléctricos se basan en el espíritu de las prescripciones correspondientes a las normativas UNE, UNE-EN e IEC.
La exposición actual no pretende sustituir la normativa, sino poder presentar una visión conjunta de todas las normas que afectan a este fin.
La normativa tiene una actualización constante que esta obra no dispone, por tanto siempre se deberá consultar la normativa vigente en el momento de efectuar cualquier utilización.

3.1. Prescripciones comunes a todos los materiales. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-51. Segunda edición 1994-11 y la UNE 20460-5-51 de 1999.

3.2. Elección e instalación de las canalizaciones. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-52. 1993 y la UNE 20460-5-52 de 1996.
Canalizaciones/Corrientes admisibles. Basadas en el espíritu del documento HD 384-5-523 S1. 1991 y la UNE 20460-5-523 de 1994.

3.3. La aparamenta. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-53. Segunda edición 1994-06.
Dispositivos de protección contra las sobretensiones. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-534. Primera edición 1997-11.
Dispositivos de seccionamiento y mando. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-537. 1981+A1:1989 y la UNE 20460-5-537 de 1999.

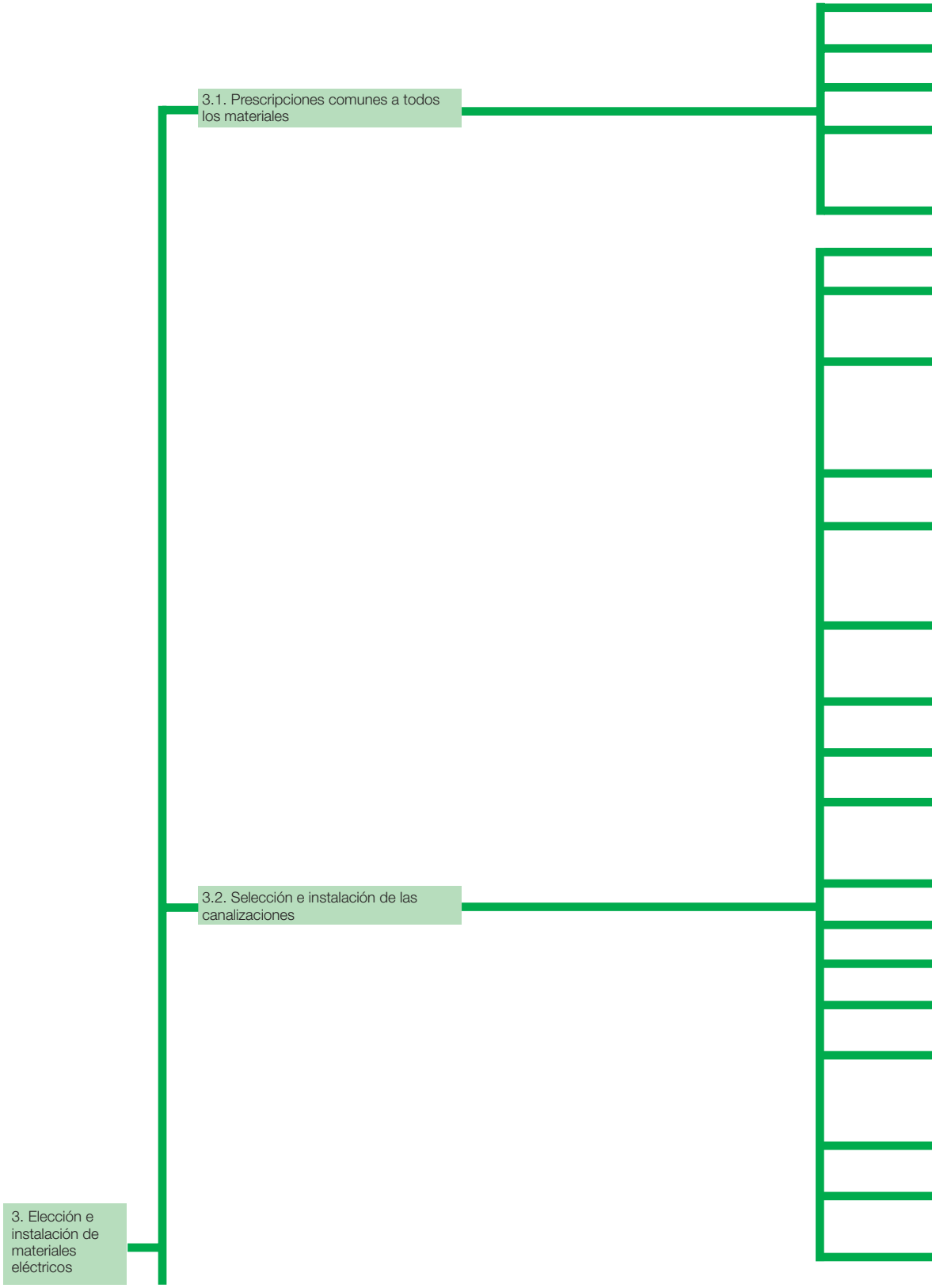
3.4. Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección. Basadas en el espíritu del documento HD 384-5-54 S1 y la UNE 20460-5-54 de 1990.
Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de materiales de tratamiento de la información. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-548. Primera edición 1999-04.

3.5. Cuadros eléctricos. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60439-1. 1992-11 y la UNE-EN 60439-1 de 1993.

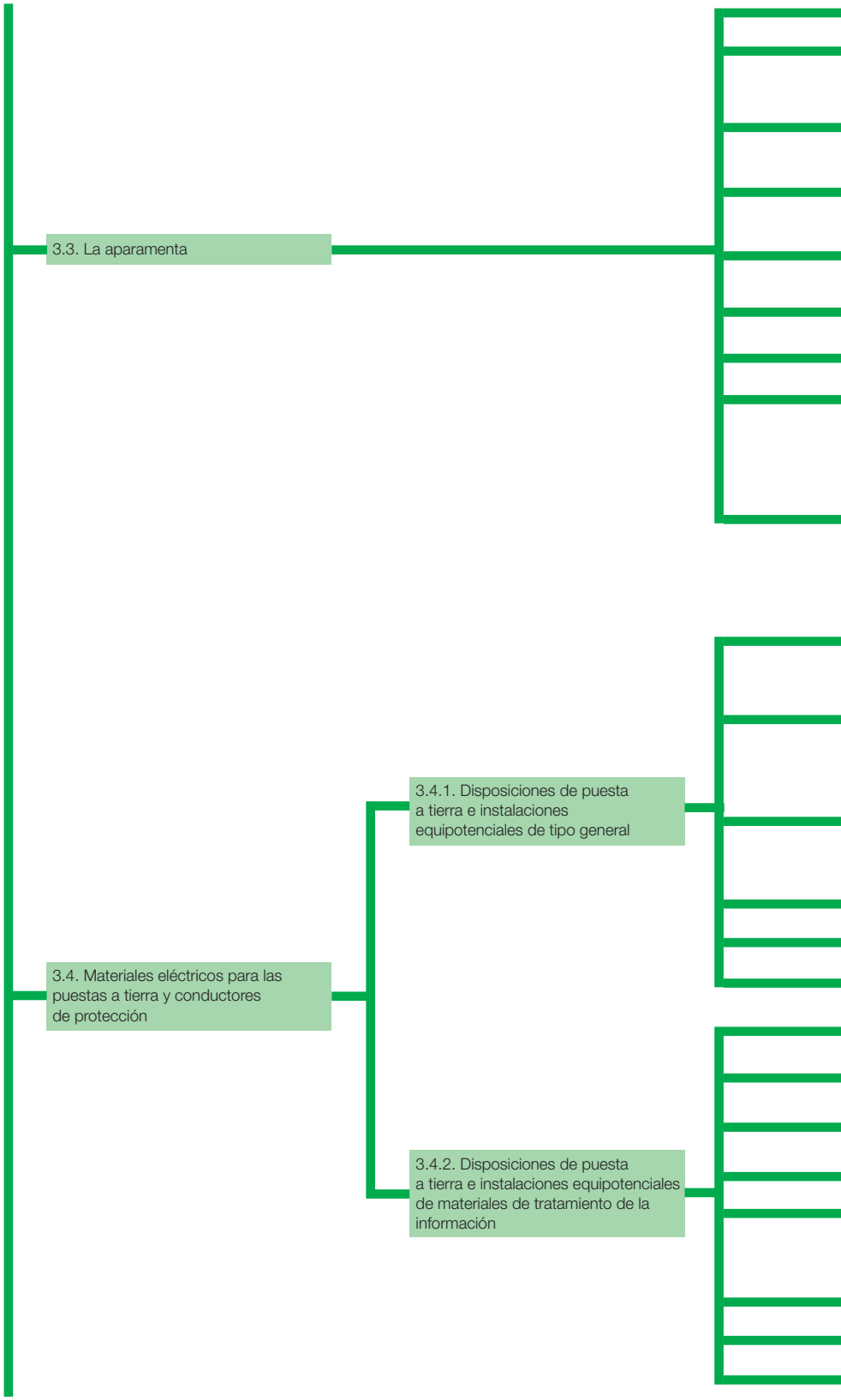
3.6. Grupos generadores de BT. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-51. 1994 y la UNE 20460-5-551 de 1999.

3.7. Alimentación para los servicios de seguridad. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-56. 1980+A1:1998, edición 1999-01 y la UNE 20460-5-56 de 1990.

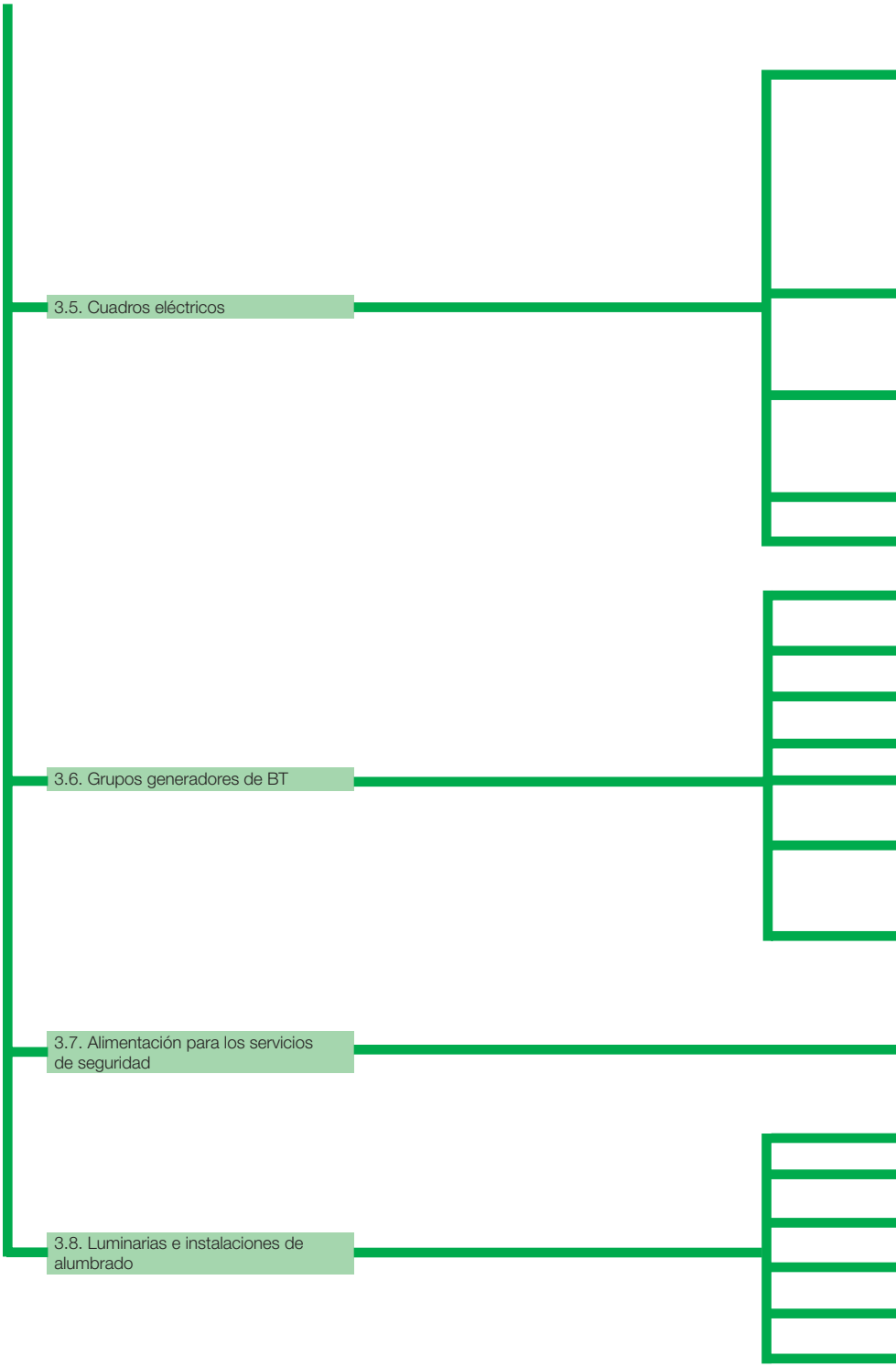
3.8. Luminarias e instalaciones de alumbrado. Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-5-559. Primera edición 1999-02.


3.1. Prescripciones comunes a todos los materiales
3.2. Selección e instalación de las canalizaciones
3. Elección e instalación de materiales eléctricos

- Conformidad a las normas
- Condiciones de servicio e influencias externas
  - Condiciones de servicio
  - Influencias externas
- Accesibilidad
- Identificación
  - Canalizaciones
  - Identificación de los conductores neutros y de proteción
  - Dispositivos de protección
  - Esquemas
- Independencia de los materiales
  - Compatibilidad electromagnética
- Tipos de canalizaciones
- Canalizaciones prefabricadas
- Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas
  - Temperatura ambiente (AA)
  - Fuentes externas de calor
  - Presencia de agua (AD)
  - Presencia de cuerpos sólidos (AE)
  - Choques mecánicos (AG)
  - Vibración (AH)
  - Otros esfuerzos mecánicos (AJ)
  - Presencia de vegetación o moho (AK)
  - Presencia de fauna (AL)
  - Radiación solar (AN)
  - Riesgos sísmicos (AP)
  - Viento (AR)
- Corrientes admisibles
- Dimensiones de los cables
  - Temperatura ambiente
  - Radiación solar
- Métodos de instalación
  - Descripción de los métodos de referencia
  - Configuración de los circuitos
  - Número de conductores cargados
  - Condiciones de instalación
  - Variación de las condiciones de instalación en un recorrido
- Metódos de referencia. UNE 20460-5-52 (52-B1)
- Métodos de instalación de las canalizaciones. T (52B2)
- Intensidades admisibles en conductores no enterrados
  - Método de referencia definido en la tabla de la UNE 20460-5-52 T (52-B1)
  - Presentación simplificada de las tablas de corrientes admisibles
  - Factores de corrección
- Intensidades en cables subterráneos
  - Factores de corrección
- Secciones de los conductores
  - Sección mínima de los conductores
- Caída de tensión en las instalaciones
  - En España de admite
- Conexiones eléctricas
- Selección e instalación para limitar la propagación del fuego
  - Precauciones en un sector de incendio
  - Barreras cortafuegos
  - Influencias externas
  - Condiciones de instalación
  - Verificación y ensayos
- Proximidad con otras canalizaciones
  - Proximidad con canalizaciones eléctricas
  - Proximidad con canalizaciones no eléctricas
- Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza
- Temperaturas máximas de los bornes en condiciones normales de servicio


3.3. La aparamenta
3.4. Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección
3.4.1. Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de tipo general
3.4.2. Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de materiales de tratamiento de la información

- Disposiciones comunes a toda la aparamenta
- Dispositivos de protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación
  - Dispositivos de protección en base a máximos de intensidad
- Dispositivos de protección a corriente diferencial-residual
  - Condiciones generales de instalación
    Influencia de las componentes continuas
    Elección de los dispositivos según la forma de funcionamiento
    Controladores de aislamiento
- Dispositivos de protección contra los efectos térmicos
- Dispositivos de protección contra las sobreintensidades
  - Elección de los dispositivos de protección contra las sobrecargas
    Elección de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos
- Dispositivos de protección contra las sobretensiones
  - Elección de los descargadores de sobretensiones
- Dispositivos de protección contra las bajadas de tensión
- Dispositivos de seccionamiento y mando
  - Dispositivos de seccionamiento
    Dispositivos de seccionamiento para el mantenimiento mecánico
    Dispositivos de corte de emergencia (incluida la parada de emergencia)
    Dispositivos de mando funciona
- Coordinación entre los diferentes dispositivos de protección
  - Selectividad entre dispositivos de protección contra las sobreintensidades
    Asociación entre dispositivos de protección a corriente diferencial-residual y de dispositivo de protección contra sobreintensidades
    Selectividad entre dispositivos de protección a corriente diferencial-residual
- Uniones a tierra
  - Puestas a tierra
    Tomas de tierra
    Conductores de tierra
    Bornes principales de tierra
    Interconexión con las tomas de tierra de otras instalaciones
- Conductores de protección
  - Secciones mínimas
    Tipos de conductores de protección
    Conservación y continuidad eléctrica de los conductores de protección
- Puestas a tierra por razones de protección
  - Conductores de protección utilizados en unión con los dispositivos de protección contra sobreintensidades
    Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de tensión de defecto
    Corrientes de fuga importantes
- Puestas a tierra por razones funcionales
  - Tierras sin ruido
- Puestas a tierra por razones combinadas de protección y funcionales
  - Conductores PEN
- Conductores de equipotencialidad
  - Secciones mínimas
- Prescripciones por la puesta a tierra de instalaciones o de materiales de tratamiento de la información
- Utilización del borne principal de tierra
  - Circuitos MBTP (TBTP) (PELV)
- Compatibilidad de instalaciones de tratamiento de la información con los conductores PEN en los edificios
- Prevención contra la corrosión electrolítica
- Disposiciones en función de la compatibilidad electromagnética (CEM)
  - Método 1 - Conductores de protección en estrella
    Método 2 - Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado)
    Método 3 - Sistemas equipotencial horizontal y vertical
- Puestas a tierra y equipotencialidad de las instalaciones de tratamiento de la información
  - Anillo de equipotencialidad
    Dimensionado
    Conexiones al cinturón de equipotencialidad
    Instalación de un cinturón de equipotencialidad
    Disposiciones de equipotencialidad por razones de funcionalidad
    Conductores de puesta a tierra funcional
    Conductores combinados de protección y de puesta a tierra
- Unión de conductores de transmisión de señales
- Transmisión de señales entre zonas de equipotencialidad diferentes


3.5. Cuadros eléctricos
3.6. Grupos generadores de BT
3.7. Alimentación para los servicios de seguridad
3.8. Luminarias e instalaciones de alumbrado

- Informaciones que debemos considerar en la elección del producto
  - Características que imprescindiblemente deben estar en las placas
  - Características que pueden estar en las placas o en el protocolo de características del cuadro
  - Identificación
  - Instrucciones para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento
  - Condiciones normales de empleo
- Selección e instalación de los cuadros en función de las influencias externas
  - Temperatura ambiente (AA)
  - Fuentes externas de calor
  - Condiciones climáticas (AB)
  - Presencia de agua (AD)
  - Presencia de cuerpos sólidos (AE)
  - Choque mecánicos (AG)
  - Vibración (AH)
  - Otros esfuerzos mecánicos (AJ)
  - Presencia de vegetación o moho (AK)
  - Presencia de fauna (AL)
  - Radiación solar (AN)
  - Riesgos sísmicos (AP)
  - Viento (AR)
  - Estructura de los edificios (CB)
- Condiciones especiales de empleo
- Condiciones durante el transporte, almacenamiento y montaje en obra
- Corrientes admisibles
  - Corriente asignada
  - Factor de simultaneidad asignado
- Calentamientos
  - Límites de calentamiento
- Requisitos para instalaciones que albergan dispositivos de alimentación para las siguientes funciones
  - Se toman en consideración los grupos generadores asociados a las fuentes siguientes
- Requisitos generales
- Protección contra los contactos directos e indirectos
- Protección contra los contactos indirectos
- Protección contra las sobreintensidades
- Requisitos suplementarios para las instalaciones en las que los grupos generadores constituyen una alimentación alternativa a la red de distribución pública (sistema en espera)
- Requisitos suplementarios para las instalaciones en las que el grupo generador puede funcionar en paralelo con la red de distribución pública
- Alimentación para los servicios de seguridad
  - Fuentes
  - Circuitos
  - Materiales de utilización
  - Prescripciones particulares para los servicios de seguridad con fuentes que no pueden funcionar en paralelo
  - Prescripciones particulares para los servicios de seguridad con fuentes que pueden funcionar en paralelo
- Protección contra los efectos térmicos
- Canalizaciones
- Aparamenta independiente de las luminarias, por ejemplo los balastos
- Condensador de compensación
- Protecciones de las luminarias contra los choques eléctricos
- Efecto estroboscópico

3.1. Prescripciones comunes a todos los materiales

Conformidad a las normas

■ Los materiales deben satisfacer las normas UNE-EN y en su defecto las IEC o CENELEC, que les son aplicables y, además, cualquier norma del CEN o en su defecto ISO aplicable.

■ En el caso que no exista normativa alguna aplicable, los materiales en cuestión deberán ser elegidos por acuerdo especial entre el prescriptor y el instalador.

ITC-BT-19

Condiciones de servicio e influencias externas

ITC-BT-26

Condiciones de servicio

■ Tensión. Los materiales deben ser adecuados para la tensión nominal eficaz de la instalación.

Si, en instalaciones IT, el conductor neutro está distribuido, los materiales en cuestión deben ser elegidos para la tensión compuesta, aunque estén conectados entre fase y neutro.

■ Intensidad. Los materiales deberán seleccionarse para la intensidad nominal eficaz que deben soportar en servicio normal, y las intensidades derivadas de los dispositivos de protección en caso de defecto, durante el tiempo previsto de actuación de los dispositivos de protección.

■ Frecuencia. Si la frecuencia es un parámetro que afecta el funcionamiento normal del material, la frecuencia nominal asignada de los materiales debe coincidir con el del circuito a instalarse.

■ Potencia. El material seleccionado de be ser adecuado a la potencia nominal efectiva de su función, teniendo en consideración el factor de carga correspondiente.

■ Compatibilidad. Todos los materiales deben seleccionarse de tal forma que no causen efectos perjudiciales, ni impidan el suministro normal ni la capacidad de maniobra, a otros materiales de la instalación.

ITC-BT-20
ITC-BT-21

Influencias externas

■ Los materiales eléctricos deberán seleccionarse e instalarse de conformidad a los requisitos de la Tabla L3-001, página L/93, la cual se basa en la normativa particular de los materiales y las influencias externas expuestas en el capítulo F8 del 1.er Volumen.

Las características de los materiales se determinan bien por el grado de protección o bien por la conformidad a los ensayos particulares de cada material.

■ Si un material, por sí mismo, no cumple las características externas correspondientes a su emplazamiento, se puede suplementar con un material adecuado para que las cumpla. Este material complementario no debe disminuir las características propias del material con su acoplamiento.

■ Cuando inciden simultáneamente diferentes influencias externas, éstas pueden tener efectos independientes o complementarios. Los materiales se deberán escoger en consecuencia a los efectos máximos que puedan producirse.

■ La elección del material de acuerdo a las influencias externas es necesario no sólo para un funcionamiento adecuado de los materiales, sino para asegurar la fiabilidad de las:

□ Medidas para la protección contra los choques eléctricos.
□ Medidas para la protección a los efectos térmicos.
□ Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades.
□ Medidas de protección a los efectos de las sobretensiones.
□ Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión.
□ Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando.

Las medidas de protección asociadas a la construcción de los materiales, son válidas sólo para unas influencias externas dadas.

Clasificación de las influencias externas

Cada condición de influencia externa está designada por un código que comprende siempre un grupo de dos letras mayúsculas y de una cifra, como sigue:
La primera letra se refiere a la categoría general de las influencias externas:
A = medio ambiente.
B = utilización.
C = construcción de los edificios.
La segunda letra se refiere a la naturaleza de la influencia externa:
A.....
B.....
C.....
La cifra se refiere a las clases dentro de cada una de las influencias externas:
1.....
2.....
3.....
Por ejemplo (véase apartado 1 de este anexo), el código AC2 significa:
A = medio ambiente.
AC = medio ambiente - altitud.
AC2 = medio ambiente - altitud > 2.000 m.

Nota: La codificación indicada en este apartado no está prevista para ser utilizada para el marcado de los equipos.

Código	Designación de clases	Características	Referencias a la UNE 20675
1.1. Temperatura ambiente			
		La temperatura ambiente es la del aire ambiente donde el equipo está instalado. Eso supone que la temperatura ambiente incluye el efecto de otros equipos instalados en el mismo local. La temperatura ambiente a considerar para el equipo es la temperatura del local donde el equipo va a ser instalado, como resultado de la influencia de todos los otros equipos instalados en el mismo local, cuando están en funcionamiento, y no se tiene en consideración la contribución térmica del equipo que va a ser instalado. Los límites inferior y superior del rango de temperatura ambiente son:	
AA1		–60 °C a +5 °C	Comprenden el rango de temperatura de la clase 3K8 de la UNE 20675-3-3 con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Parte del rango de temperaturas de la clase 4K4 de la UNE 20675-3-4 con la temperatura inferior del aire limitada a –60 °C y la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AA2		–40 °C a +5 °C	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K7 de la UNE 20675-3-3, con la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Comprende parte del rango de temperaturas de la clase 4K3 de la UNE 20675-3-4, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Designación de clases	Características	Referencias a la UNE 20675
AA3		–25 ºC a +5 ºC	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K6 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura superior del aire limitada a +40 ºC. Comprende el rango de temperaturas de la clase 4K1 de la UNE 20675-3-4, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 ºC.
AA4		–5 ºC a +5 ºC	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K5 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 ºC. Comprende el rango de temperaturas de la clase 4K1 de la UNE 20675-3-4, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 ºC.
AA5		+5 ºC a +40 ºC	Idéntico al rango de temperaturas de la clase 3K3 de la UNE 20675-3-3.
AA6		+6 ºC a +60 ºC	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K7 de la UNE 20675-3-3, estando limitada la temperatura inferior del aire a +5 ºC y la temperatura superior del aire a +60 ºC. Comprende el rango de temperaturas de la clase 4K4 de la UNE 20675-3-4, estando el rango de temperatura inferior limitado a + 5 ºC.
AA7		–25 ºC a +55 ºC	Idéntico al rango de temperatura de la clase 3K6 de la UNE 20675-3-3.
AA8		–50 ºC a +40 ºC Las clases de temperatura ambiente son aplicables solamente cuando la humedad no tiene influencia. El valor medio para un período de 14 h no debe exceder al límite superior de la temperatura disminuido en 5 ºC. Puede ser necesaria la combinación de los rangos para definir algunos medio ambientes. Las instalaciones sometidas a temperaturas fuera de los rangos requerirán un consideración especial.	Idéntico al rango de temperaturas de la clase 4K3 de la UNE 20675-3-4.

Código	Características						Descripción general del medio ambiente	Referencias a la UNE 20675
1.2. Condiciones climáticas (influencias combinadas de la temperatura y de la humedad)								
	Temperatura inferior del aire ºC	Temperatura superior del aire ºC	Humedad inferior %	Humedad superior %	Humedad inferior g/m³	Humedad superior g/m³		
AB1	–60	+5	3	100	0,003	7	Localizaciones interiores y exteriores con temperaturas ambientes extremadamente bajas.	Comprende el rango de temperaturas de la clase 3K8 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 ºC. Parte del rango de temperaturas de la clase 4K4 de la UNE 20675-3-4, estando limitada la temperatura inferior a –60 ºC y la temperatura superior del aire a +5 ºC.

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Características						Descripción general del medio ambiente	Referencias a la UNE 20675
	Temperatura inferior del aire °C	Temperatura superior del aire °C	Humedad inferior %	Humedad superior %	Humedad inferior g/m³	Humedad superior g/m³		
AB2	–40	+5	10	100	0,1	7	Localizaciones interiores y exteriores con temperaturas ambientes bajas.	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K7 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Comprende el rango de temperaturas de la clase 4K1 de la UNE 20675-3-4, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AB3	–25	+5	10	100	0,5	7	Localizaciones interiores con temperaturas ambiente baja.	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K6 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 °C. Comprende el rango de temperaturas de la clase 4K1 de la UNE 20675-3-4, estando la temperatura superior del aire limitada a +5 °C.
AB4	–5	+40	5	95	1	29	Localizaciones protegidas sin control de la temperatura ni de la humedad. La calefacción puede ser usada para aumentar la baja temperatura ambiente.	Idéntica al rango de temperaturas de la clase 3K6 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura superior del aire limitada a +40 °C.
AB5	+5	+40	5	85	1	25	Localizaciones protegidas en las que la temperatura está controlada.	Idéntica al rango de temperaturas de la clase 3K3 de la UNE 20675-3-3.
AB6	+5	+60	10	100	1	35	Localizaciones interiores y exteriores con temperaturas ambiente extremadamente altas. La influencia de temperaturas ambiente frías está controlada. Pueden existir radiaciones solares y caloríficas.	Parte del rango de temperaturas de la clase 3K7 de la UNE 20675-3-3, estando la temperatura inferior del aire limitada a +5 °C.
AB7	–25	+55	10	100	0,5	29	Localizaciónes interiores y exteriores sin control de la temperatura ni de la humedad, las localizaciones pueden estar abiertas directamente al aire y ser objeto de radiaciones solares.	Idéntica al rango de temperaturas de la clase 3K6 de la UNE 20675-3-3.

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Características						Descripción general del medio ambiente	Referencias a la UNE 20675
	Temperatura inferior del aire °C	Temperatura superior del aire °C	Humedad inferior %	Humedad superior %	Humedad inferior g/m³	Humedad superior g/m³		
AB8	–50	+40	15	100	0,04	36	Localizaciones exteriores y no protegidas, con temperaturas tanto altas como bajas.	Idéntica al rango de temperaturas de la clase 4K3 de la UNE 20675-3-4.

L 3

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Clase	UNE 20675 Parte
1.3 Altitud					
AC1		⩽ 2.000 m			
AC2		> 2.000 m			
1.4 Presencia de agua					
AD1	Despreciable	La probabilidad de presencia de agua es despreciable.	La localización en la cual las paredes no muestran trazas de agua generalmente, pero puede aparecer en pequeños períodos, por ejemplo, en forma de vapor y que seca rápidamente, gracias a una buena ventilación.	4Z6	3-4
AD2	Caída libre de gotas	Posibilidad de caída vertical de gotas de agua.	Localización en la que el vapor de agua se condensa ocasionalmente en forma de gotas de agua o cuando el vapor puede presentarse ocasionalmente.	3Z7	3-3
AD3	Agua pulverizada	Posibilidad de caída de agua pulverizada en un ángulo superior a 60° con la vertical.	Localización en la que aparece vapor de agua en forma de una película continua sobre las paredes y/o suelos.	3Z8 4Z7	3-3 3-4
AD4	Proyecciones	Posibilidades de proyección de agua en todas las direcciones.	Localización donde el equipo puede estar sujeto a proyecciones de agua; se aplica por ejemplo, a ciertas luminarias o armarios instalados al exterior.	3Z9 4Z7	3-3 3-4
AD5	Chorros	Posibilidad de chorros de agua en cualquier dirección.	Localización donde las mangueras son usadas regularmente (patios, lavado de coches).	3Z10 4Z8	3-3 3-4
AD6	Olas	Posibilidad de olas de agua.	Localizaciones situadas al borde del mar, tales como malecones, playas, muelles, etc.	4Z9	3-4
AD7	Inmersión	Posibilidad de inundación intermitente, parcial o total por agua.	Localizaciones susceptibles de ser inundadas y/o donde el agua puede alcanzar un máximo de 150 mm sobre el punto más elevado del equipo, la parte mas baja del equipo no puede estar a más de 1 m por debajo de la superficie del agua.		
AD8	Sumersión	Posibilidad de inundación de agua de forma permanente y total.	Localizaciones tales como piscinas, donde el equipo eléctrico está totalmente recubierto de agua y permanentemente sometido a una presión superior a 1 bar.		
1.5. Presencia de cuerpos sólidos extraños					
AE1	Despreciable	La cantidad de cuerpos sólidos extraños no es significativa.		3S1 4S1	3-3 3-4

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Clase	UNE 20675 Parte
AE2	Pequeños objetos	Presencia de cuerpos sólidos cuya dimensión más pequeña no es inferior a 2,5 mm.	Útiles y pequeños objetos son ejemplos de cuerpos extraños sólidos, en los que la dimensión más pequeña no es menor de 2,5 mm.	3S2 4S2	3-3 3-4
AE3	Objetos muy pequeños	Presencia de cuerpos sólidos con la dimensión más pequeña no menor de 1 mm.	Los alambres son ejemplos de objetos sólidos extraños en los cuales la dimensión más pequeña no es menor de 1 mm.	3S3 4S3	3-3 3-4
AE4	Polvo ligero	Presencia de ligeros depósitos de polvo. 10 < depósito de polvo ⩽ 35 mg/m^2 por día.		3S2 4S2	3-3 3-4
AE5	Moderado	Presencia de depósitos medianos de polvo. 35 < depósitos de polvo ⩽ 350 mg/m^2 por día.		3S3 4S3	3-3 3-4
AE6	Abundante	Presencia de depósitos importantes de polvo. 350 < depósito de polvo ⩽ 1.000 mg/m^2 por día.		4S3 4S4	3-3 3-4
1.6. Presencia de sustancias corrosivas o contaminantes					
AF1	Despreciable	La cantidad o naturaleza de las sustancias corrosivas o contaminantes no es significativa.		3C1 4C1	3-3 3-4
AF2	Atmósférica	La presencia de agentes corrosivos o contaminantes de origen atmosférico es significativa.	Instalaciones situadas cerca del mar o cerca de zonas industriales que producen gran prolución atmosférica, tales como fábricas químicas, fábricas de cementos; este tipo de polución proviene especialmente de la producción de abrasivos, aislantes o conductores.	3C2 4C2	3-3 3-4
AF3	Intermitente o accidental	Acciones intermitentes o accidentales de sustancias corrosivas o contaminantes usadas o producidas.	Localizaciones donde algunos productos químicos son manipulados en pequeñas cantidades y donde estos productos pueden ponerse accidentalmente en contacto con los equipos eléctricos; estas condiciones se encuentran en laboratorios, y en localizaciones donde se usen hidrocarburos (salas de calderas, garajes, etc.).	3C3 4C3	3-3 3-4
AF4	Permanente	Acción permanente de sustancias corrosivas o contaminantes en cantidades notables.	Por ejemplo, industrias químicas.	3C4 4C4	3-3 3-4
1.7. Acciones mecánicas					
1.7.1. Choques					
AG1	Débiles	Véase anexo C.	Condiciones domésticas y análogas.	3M1/ 3M2/ 3M3 4M1/ 4M2/ 4M3	3-3 3-4
AG2	Medios		Condiciones industriales usuales.	3M4/ 3M5/ 3M3 4M4/ 4M5/ 4M6	3-3 3-4
AG3	Importantes		Condiciones insdustriales severas.	3M7/ 3M8/ 4M7/ 4M8	3-3 3-4

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Clase	UNE 20675
1.7.2. Vibraciones					
AH1	Débiles	Véase anexo C.	Instalaciones para usos domésticos y similares donde los efectos de las vibraciones son generalmente despreciables.	3M1/ 3M2/ 3M3 4M1/ 4M2/ 4M3	 3-3 3-4
AH2	Medias		Condiciones industriales habituales.	3M4/ 3M5/ 3M6 4M4/ 4M5/ 4M6	 3-3 3-4
AH3	Importantes		Instalaciones industriales sometidas a condiciones severas.	3M7/ 3M8 4M7/ 4M8	 3-3 3-4
1.7.3. Otras acciones mecánicas					
AJ	En estudio				
1.8. Presencia de flora y/o moho					
AK1	No peligrosa	Ausencia de riesgos apreciables debidos a la flora o los mohos.		3B1 4B1	3-3 3-4
AK2	Peligrosa	Riesgos apreciables debidos a la flora o los mohos.	El riesgo depende de las condiciones locales y de la naturaleza de la flora. Se debe distinguir entre el crecimiento dañino de vegetación y la propensión al enmohecimiento.	3B2 4B2	3-3 3-4
1.9. Presencia de fauna					
AL1	No peligrosa	Ausencia de riesgos debidos a la fauna.		3B1 4B1	3-3 3-4
AL2	Peligrosa	Riesgos debidos a la fauna (insectos, pájaros, pequeños animales).	Los riesgos dependen de la naturaleza de la fauna. Se debe distinguir: – Presencia de insectos en cantidades dañinas o de naturaleza agresiva. – Presencia de pequeños animales o pájaros en cantidades dañinas o de naturaleza agresiva.	3B2 4B2	3-3 3-4
1.10. Influencias electromagnéticas, electroestáticas o ionizantes					
AM1	Despreciable	Ausencia de efectos peligrosos debidos a corrientes vagabundas, radiaciones electromagnéticas, campos electroestáticos, radiaciones ionizantes o corrientes inducidas.			
AM2	Corrientes vagabundas	Presencia dañina de corrientes vagabundas.			
AM3	Electromagnéticas	Presencias dañinas de radiaciones electromagnéticas.			
AM4	Ionizantes	Presencia dañina de radiaciones ionizantes.			
AM5	Electroestáticas	Presencia dañina de campos electroestáticos.			
AM6	Inducidas	Presencia dañina de corrientes inducidas.			

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Clase	UNE 20675
1.11. Radiaciones solares					
AN1	Baja	Intensidad ⩽ 500 W/m^2.			3-3
AN2	Media	500 < intensidad ⩽ 700 W/m^2.			3-3
AN3	Alta	700 < intensidad ⩽ 1.120 W/m^2.			3-4
1.12. Efectos sísmicos					
AP1	Despreciable	Aceleración ⩽ 30 Gal.	1 Gal = 1 cm/s^2.		
AP2	Débil	30 < aceleración ⩽ 300 Gal.			
AP3	Media	300 < aceleración ⩽ 600 Gal.			
AP4	Fuerte	600 < aceleración.	Las vibraciones que pueden provocar la destrucción de los edificios están fuera de la clasificación. Las frecuencias no están tomadas en consideración en la clasificación; sin embargo, si las ondas sísmicas entran en resonancia con los edificios, los efectos sísmicos deben ser especialmente considerados. En general, la frecuencia de la aceleración sísmica está comprendida entre 0 y 10 Hz.		
1.13. Rayo, nivel ceráunico					
AQ1	Despreciable	⩽ 25 días por año.			
AQ2	Indirecto	> 25 días por año. Peligro procedente de la fuente de alimentación.	Instalación alimentada por líneas aéreas.		
AQ3	Directo	Peligro procedente de la exposición de los materiales.	Parte de las instalaciones ubicadas fuera de los edificios. Los peligros AQ2 y AQ3 se encuentran en las regiones particularmente expuestas a los efectos del rayo.		
1.14. Movimiento del aire					
AR1	Bajo	Velocidad ⩽ 1 m/s.			
AR2	Medio	1 m/s < vel. ⩽ 5 m/s.			
AR3	Alto	5 m/s < vel. ⩽ 10 m/s.			
1.15. Viento					
AS1	Bajo	Velocidad ⩽ 20 m/s.			
AS2	Medio	20 m/s < vel. ⩽ 30 m/s.			
AS3	Alto	30 m/s < vel. ⩽ 50 m/s.			

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Referencias
2.1. Capacidad de las personas				
BA1	Ordinarias	Personas no instruidas.		
BA2	Niños	Niños en locales preparados para su ocupación. **Nota:** Esta clase no es necesariamente aplicable a las habitaciones familiares.	Guarderías.	
BA3	Disminuidas	Personas no dotadas de todas sus capacidades físicas e intelectuales (personas enfermas, personas mayores).	Hospitales.	Materiales eléctricos inaccesibles. Temperatura de las superficies accesibles limitada.
BA4	Informadas	Personas suficientemente advertidas o acompañadas por personas cualificadas para advertir de los peligros que la electricidad puede producir (personas de operación y mantenimiento).	Áreas de servicio.	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Referencias
BA5	Cualificadas	Personas con conocimientos técnicos o con experiencia suficiente para evitar los peligros que la electricidad pueda producir (ingenieros y técnicos).	Áreas cerradas de servicio eléctrico.	
2.2. Resistencia eléctrica del cuerpo humano				
BB		Clasificación bajo consideración.		
2.3. Contactos de personas con el potencial de tierra				
BC1	Nulo	Personas en situación no conductora.	Locales (o emplazamientos) no conductores.	UNE 20460-4-41 Apdo. 413.3
BC2	Bajo	Personas que en condiciones usuales no entran en contacto con elementos conductores y no se sitúan sobre superficies conductoras.		
BC3	Frecuentes	Personas que están frecuentemente en contacto con elementos conductores o se sitúan sobre superficies conductoras.	Locales con numerosos elementos conductores o de gran superficie conductora.	
BC4	Continuos	Personas que están permanentemente en contacto con paredes metálicas y para las que la posibilidad de interrupción del contacto está limitado.	Recintos metálicos, tales como tanques y calderas.	
2.4. Condiciones de evaluación en una emergencia				
BD1	Normal	Baja densidad de ocupación, condiciones fáciles de evacuación.	Edificios para uso de viviendas con altura normal o baja.	
BD2	Difícil	Baja densidad de ocupación, condiciones difíciles de evacuación.	Edificios de gran altura.	
BD3	Atestado	Alta densidad de ocupación, fáciles condiciones de evacuación.	Locales abiertos al público (teatros, cines, grandes almacenes, etc.).	
BD4	Difícil y atestado	Alta densidad de ocupación, difíciles condiciones de evacuación.	Edificios de gran altura abiertos al público (hoteles, hospitales, etc.).	
2.5. Naturaleza de materiales procesados o almacenados				
BE1	Sin riesgos			
BE2	Riesgo de incendio	Fabricación, procesado o almacenaje de materias inflamables, incluyendo la presencia de polvo.	Granjas, tiendas de alimentos, fábricas de papel.	UNE 20460-4-42 UNE 20460-5-51
BE3	Riesgo de explosión	Procesado o almacenaje de materias explosivas o de bajo punto de ignición, incluyendo la presencia de polvo explosivo.	Refinerías, depósitos de hidrocarburos.	En estudio.
BE4	Riesgo de contaminación	Presencia de alimentos, productos farmacéuticos y productos similares sin protección.	Industrias alimenticias, cocinas. Es necesario tomar ciertas precauciones para evitar, en caso de fallo, que los productos tratados no se contaminen con los equipos eléctricos, por ejemplo, lámparas rotas.	
3.1. Materiales de construcción				
CA1	No combustible			
CA2	Combustible	Edificios construidos principalmente con materiales combustibles.	Edificios de madera.	UNE 20460-4-42
3.2. Diseño de edificios				
CB1	Riesgo despreciable			
CB2	Propagación de incendio	Edificios en los que la forma y las dimensiones facilitan la propagación del incendio (por ejemplo, efecto chimenea).	Edificios de gran altura. Sistemas de ventilación forzada.	UNE 20460-4-42 UNE 20460-5-52

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Código	Designación de clases	Características	Aplicaciones y ejemplos	Referencias
CB3	Movimientos estructurales	Riesgos debidos al movimiento de la estructura (por ejemplo, desplazamiento entre partes diferentes de un edificio o entre un edificio y el suelo, o separación del suelo de la cimentación del edificio).	Edificios de considerable longitud o erigidos sobre terrenos inestables.	Juntas de dilatación y expansión UNE 20460-5-52
CB4	Flexible o inestable	Estructuras que pueden ser objeto de movimientos (por ejemplo, oscilación).	Estructuras soportadas al aire, techos falsos, tabiques desmontables, estructuras autoportantes.	Canalizaciones flexibles UNE 20460-5-52

Tabla L3-001: *características prescritas para la elección de los materiales en función de las influencias externas.*

Notas:

■ Para la mayoría de nuestras instalaciones las siguientes clases de influencias externas se consideran normales:

(AA) Temperatura ambiente	AA4
(AB) Humedad atmosférica	AB4
Otras condiciones ambientales (AC a AR)	XX1 de cada parámetro
Condiciones de utilización y construcción de edificios (B y C)	XX1 de cada parámetro excepto para el parámetro BC-XX2

■ Todos los valores especificados son máximos o valores límite que pueden tener una baja probabilidad de ser sobrepasados.

■ Las humedades relativas, inferiores y superiores están limitadas por las humedades absolutas, inferiores y superiores, de tal forma que, por ejemplo, para los parámetros medioambientales “a” y “c” o “b” y “d”, los valores límite indicados no se presentan simultáneamente. Por consiguiente, el anexo que contiene los climatogramas indica la interdependencia de la temperatura del aire, la humedad relativa y la humedad absoluta para las clases climáticas especificadas.

Resumen de la tabla L3-001

Efectuaremos un resumen de la tabla para facilitar su consulta y subdividiremos la tabla en grupos de características afines:

■ Grupo de las influencias externas.

■ Interdependencia de la temperatura con la humedad relativa y la humedad absoluta del aire.

■ Grupo de influencias mecánicas.

■ Grupo de condiciones macroambientales.

Grupo de las influencias externas

Utilización						
B	BA	Capacitación	BC	Contactos con tierra	BE	Materiales
	BA1	Ordinarias	BC1	Nulo	BE1	Sin riesgo
	BA2	Niños	BC2	Bajo	BE2	Incendio
	BA3	Disminuidos	BC3	Frecuente	BEe	Explosión
	BA5	Cualificados				
	BB	Resistencia	BD	Evacuación		
			BD1	Normal		
			BD2	Difícil		
			BD3	Atestado		
			BD4	Difícil y atestado		
Edificios						
C	CA	Materiales	CB	Diseño		
	CA1	No combustible	CB1	Despreciable		
	CA2		CB2	Propagación incendio		
			CB3	Movimientos estructurales		
			CB4	Flexible		

Tabla L3-002: *tabla abreviada de las influencias externas.*

Interdependencia de la temperatura con la humedad relativa y la humedad absoluta del aire

A fin de dar una visión de conjunto de esta situación, el cuadro siguiente muestra para cada clase el valor más alto de la temperatura del aire que puede existir al mismo tiempo que el valor más alto de la humedad relativa de esta clase. A temperaturas del aire superiores a los valores dados en este cuadro, la humedad relativa del aire será más baja, por ejemplo, por debajo del límite inferior de esta clase.
En la UNE 20460-3:1996 se publican una serie de climatogramas que nos permiten resultados más precisos.

Clase	Valor límite de la humedad relativa del aire	Valor más elevado de la temperatura del aire para el valor límite de la humedad relativa
AB1	100 %	+5 ºC
AB2	100 %	+5 ºC
AB3	100 %	+5 ºC
AB4	95 %	+31 ºC
AB5	85 %	+28 ºC
AB6	100 %	+33 ºC
AB7	100 %	+27 ºC
AB8	100 %	+33 ºC

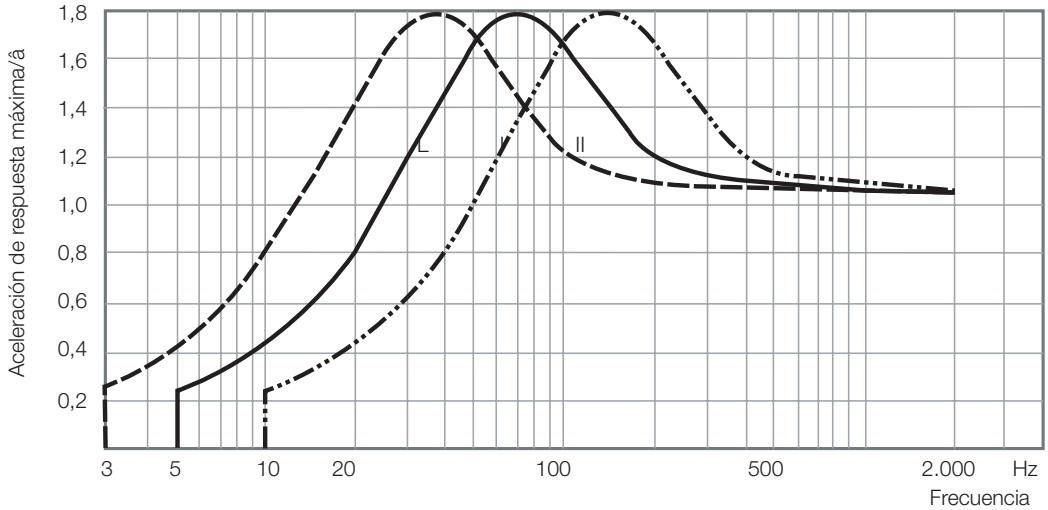
Tabla L3-003: *interrelación de la temperatura (en valor máximo en función de la humedad relativa) con la humedad relativa (en valor límite).*

Parámetros medioambientales	Ud	Clases									
		AG1 / AH1				AG2 / AH2				AG3 / AH3					
		3M1 / 4M1		3M2 / 4M2		3M3 / 4M3		3M4 / 4M4		3M5 / 4M5		3M6 / 4M6		3M7 / 4M7		3M8 / 4M8	
Vibraciones estacionarias sinusoidales.																	
Amplitud desplazamientos.	mm	0,3		1,5		1,5		3,0		3,0		7,0		10		15	
Amplitud de aceleración.	m/s^2		1		5		5		10		10		20		30		50
Gama de frecuencia.	Hz	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200	2-9	9-200
Vibraciones no estacionarias, incluidos choques.																	
Espectro de respuesta al choque tipo L (â).	m/s^2	40		40		70		–		–		–		–		–	
Espectro de respuesta al choque tipo I (â).	m/s^2	–		–		–		100		–		–		–		–	
Espectro de respuesta al choque tipo II (â).	m/s^2	–		–		–		–		250		250		250		250	

â = máxima aceleración.

Tabla L3-004: *clasificación de las condiciones mecánicas.*

Espectro de respuesta a los choques típicos.



Espectro tipo L Duración = 22 ms
Espectro tipo I Duración = 11 ms
Espectro tipo II Duración = 6 ms

Fig. L3-005: *espectros de respuesta máxima a los choques de primer orden.*

Clasificación de las condiciones macroambientales

Categoría de medio ambiente	Condiciones climáticas	Sustancias activas química y mecánicamente*
I	AB5 3K3	AF2/AE1 3C2/3S1
II	AB4 3K5, pero la temperatura superior del aire está limitada a +40 ºC	AF1/AE4 3C1/3S2
III	AB7 AK6	AF2/AE5 3C2/3S3
IV	AB8 4K3	AF3/AE6 3C3/3S4

*La primera línea de cada celda muestra la designación de la clase de acuerdo con la Tabla L3-001 de este apartado.
La segunda línea muestra la designación de la clase de acuerdo con la UNE 20675-3-0.

Nota: Las condiciones macroambientales son las condiciones del local o de otro recinto en el que el equipo esté instalado o donde sea usado.

Tabla L3-006: *clasificación de las condiciones macroambientales.*

ITC-BT-20-2-1-2

Accesibilidad

Todo el material eléctrico, incluso las canalizaciones, estará dispuesto de forma que se facilite su manipulación, inspección y mantenimiento y el acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser disminuidas significativamente por el montaje de los materiales en envolventes o compartimientos.

ITC-BT-20-2-1-3

Identificación

Con placas de identificación u otros medios adecuados de identificación (marcas, colores...) deben permitir reconocer la utilidad de la aparamenta.

Si el funcionamiento de la aparamenta no puede ser observado por operador y éste puede causar un peligro, un indicador adecuado, de conformidad a la UNE-EN 60073 y a la UNE-EN 60447, en función de su aplicación, deberá colocarse en una posición muy visible al operador.

Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas deberán instalase y señalizarse de tal forma que puedan ser fácilmente identificables a efectos de inspecciones, ensayos, reparaciones, modificaciones o cambios de la instalación.

ITC-BT-19-2-2-4
ITC-BT-26-6-2

Identificación de los conductores neutros y de protección

■ La identificación de los conductores neutros y de protección separados deberán cumplir con la norma IEC 60466.

■ Los conductores PEN, cuando estén aislados, se marcarán con uno de los siguientes métodos:

□ Verde/amarillo a lo largo de toda su longitud y, además, con marcas azul claro en los extremos.

□ Azul claro a lo largo de toda su longitud, además, con marcas verde/amarillo en los extremos.

ITC-BT-19-2-3

Dispositivos de protección

Los dispositivos de protección deberán instalarse e identificarse de forma que sea fácil identificar los circuitos protegidos; a este efecto puede ser conveniente agruparlos en paneles de distribución.

ITC-BT-04-2

Esquemas

■ En caso necesario se proporcionarán esquemas, diagramas o tablas de acuerdo con las normas IEC 60750 y UNE-EN 61082, indicando de forma particular:

□ El tipo y composición de los circuitos (puntos de utilización proporcionados, número y medida de los conductores, naturaleza de las canalizaciones).

□ Las características necesarias para la identificación de los dispositivos que llevan a cabo la función de protección, de aislamiento y de mando y su localización.

ITC-BT-04-3-1/2-2

Para instalaciones simples la información anterior puede ser entregada en una simple memoria técnica.

■ Los simbolos de identificación corresponderán a la UNE-EN 60617.

Independencia de los materiales

■ Los materiales deben ser seleccionados e instalados de forma que se evite cualquier influencia peligrosa entre la instalación eléctrica y cualquier instalación no eléctrica.

Los materiales sin protección posterior no deberán montarse en una superficie del edificio, a no ser que se cumplan los siguientes requisitos:

□ Que evite la propagación de posibles fugas de tensión a las superficies del edificio.

□ Que se proporcione una separación contra el fuego, entre el material y las superficies combustibles del edificio.

Si la superficie del edificio no es metálica ni combustible, no son necesarias medidas adicionales. En caso contrario deben proporcionarse las siguientes medidas:

□ Si la superficie del edificio es metálica, ésta se conectará al conductor de protección (PE) o al conductor de conexión equipotencial de la instalación, de conformidad a los apartados “Conexión equipotencial complementaria”, página L/1/9, y “Conductores de equipotencialidad”, página L/143.

□ Si la superficie del edificio es combustible, el material deberá estar separado de ésta por una capa intermedia adecuada de material aislante que tenga una clasificación de inflamabilidad FH1 de acuerdo con la IEC 60707.

■ Cuando se agrupen materiales que transporten corrientes de diferentes tensiones en un mismo conjunto (como un cuadro, un armario, un panel de control o una caja de maniobra), todos los materiales pertenecientes a un tipo de corriente o de tensión deberán ser separados de forma efectiva siempre que sea necesario para evitar influencias perjudiciales mutuas.

ITC-BT-04-3-1

Compatibilidad electromagnética

Los niveles de inmunidad de los materiales deben ser elegidos teniendo en cuenta las influencias electromagnéticas que pueden producirse al poner en funcionamiento una instalación normal. También debemos tenerlos en cuenta en el momento de definir el nivel de continuidad de servicio de la utilización.

Los materiales deben estar elegidos con niveles de emisión suficientemente bajos para no causar interferencias electromagnéticas por conducción o por radiación a otros materiales situados en el interior o exterior del edificio. Si son necesarios medios de atenuación, deben ser instalados a fin de disminuir la emisión ver los apartados 2.4.1. “Medidas de protección de las instalaciones de BT contra los defectos a tierra de las instalaciones de AT/MT”, página L/59 y 2.4.2. “Medidas de protección contra las sobretensiones de origen atmosférico”, página L/65, así como el apartado 2.5. “Protección contra las interferencias electromagnéticas (CEM) en los edificios”, página L/68.

ITC-BT-06
ITC-BT-07

3.2. Selección e instalación de las canalizaciones

La selección e instalación de las canalizaciones debe tener en cuenta los principios generales expresados en el capítulo F, apartado 7. “Las conducciones”, página F/159 del 1.er Volumen, y el capítulo H1, apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61, y el capítulo H2, apartado 3. “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades”, página H2/41 del 2.° Volumen, correspondientes a los fundamentos de la UNE 20460-1.

Tipos de canalizaciones

■ Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función del tipo de conductores o cables deben estar de acuerdo con la tabla L3-008, pág. L3/29, con el supuesto que sus características son adecuadas con las influencias externas de la zona de instalación.

En la Tabla F7-097: “métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1)”, página F/226, y la Tabla L3-011: “métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles”, página L/106, se trata el tema.

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidas canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas Soportes	Sobre aisladores	Cables fijadores
Conductores desnudos		–	–	–	–	–	–	+	
Conductores aislados		–	–	+	*	+	–	*	–
Cables con cubierta (incluidos cables armados y con aislamiento mineral)	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

L 3

ITC-BT-20 Tabla 1

(+) = Admitido; (–) = No admitido; (0) = No aplicable, o no se utiliza prácticamente; (*) = Se admiten conductores aislados si la cubierta sólo puede abrirse con un útil, o con una acción manual importante y la canal es IP4X o IPXXD.

Tabla L3-007: *sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los conductores.*

■ Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de su situación, deben estar de acuerdo con la Tabla L3-008.

Conductores y cables		Sistemas de instalación							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales (incluidas canales de zócalo y de suelo)	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas Soportes	Sobre aisladores	Cables fijadores
Huecos de la construcción	Accesibles	25	21, 25	22	31, 32, 35	23	12, 13, 14, 15, 16	–	0
	No accesibles	21, 25 73, 74	0	23, 73 74	0	23 23	0 0	– –	– –
Canal de obra		43	43	41, 42	31, 32	4, 23	12, 13, 14, 15, 16	–	–
Enterrados		62, 63	0	61	–	61	0	–	–
Empotrados en la estructura		52, 53	51	1, 2, 5	33, 75	24	0	–	–
En montaje superficial		–	11	3	31, 32, 71, 72	4	12, 13, 14, 15, 16	18	–
Aéreo		–	–	0	34	–	12, 13, 14, 15, 16	18	1
Sumergido		81	81	0	–	0	0	–	–

Tabla L3-008: *sistemas de instalación de las canalizaciones en función de su situación.*

ITC-BT-20 Tabla 2

Los números que se indican en las casillas hacen alusión al número de referencia del sistema de instalación correspondiente de la Tabla L3-011, página L/106.
(–) No admitido. (0) No aplicable o no se utiliza en la práctica.

Nota: Están permitidos otros métodos de instalación de canalizaciones que no hayan sido incluidos en la Tabla L3-011, siempre que cumplan los requisitos de este capítulo.

En la Tabla L3-012, página L/110, se indican ejemplos del sistema de instalación e intensidades capaces de soportar.

ITC-BT-20-2-2-10

Canalizaciones prefabricadas

Las canalizaciones prefabricadas deben cumplir la UNE-EN 60439-2 e instalarse siguiendo las instrucciones del fabricante y las correspondientes a la instalación de canalizaciones.

Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas

Ver página F/159 del 1.er Volumen y apartado F8 “Las influencias externas, página F/331 del 1.er Volumen.

ITC-BT-20-2
ITC-BT-30-9-1

Temperatura ambiente (AA)

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se adapten a la temperatura ambiente local más elevada o la más baja, y que la temperatura límite expresada en la Tabla L3-003, página L/94, no sea superada.
Para las canalizaciones prefabricadas los límites están indicados en la UNE-EN 20439 y las intensidades máximas de utilización las especifica el fabricante de conformidad a la norma.
■ Los elementos de las canalizaciones, incluidos los cables y sus accesorios, deben instalarse o manipularse únicamente dentro de los límites de temperatura fijados por las normas de producto correspondientes o indicadas por los fabricantes.
■ Cuando cables de diferente límite de temperatura se instalan en la misma envolvente, la temperatura límite de la canalización será la más baja de los cables.

ITC-BT-30-5

Fuentes externas de calor

Con el fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas, deberán protegerse las canalizaciones utilizando uno o más de los métodos siguiente u otro igualmente eficaz:
■ Pantalla de protección.
■ Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
■ Selección de una canalización teniendo en cuenta los calentamientos adicionales que puedan producirse.
■ Reforzamiento local o sustitución del material aislante.

Notas: El calor emitido por las fuentes exteriores puede transmitirse por radiación, por convección o por conducción, proveniente:
■ De redes de distribución de agua caliente.
■ De instalaciones de aparatos y luminarias.
■ De procesos de fabricación.
■ De transmisión de calor a través de materiales conductores.
■ De recuperación del calor solar de la canalización o del medio ambiente.

ITC-BT-30-1-2

Presencia de agua (AD)

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que no pueda producirse ningún daño a causa de la penetración de agua. La canalización debe cumplir, después del ensamblaje, la clase de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.

Nota: En general, las cubiertas y envolventes aislantes de los cables para instalación fija pueden considerarse, si no están dañadas, como protegidas contra la penetración de la humedad. Son necesarias precauciones especiales para los cables sometidos a rociados frecuentes, inmersiones o sumersiones.

■ Cuando el agua pueda acumularse o condensarse en las canalizaciones, deben tomarse disposiciones para asegurar la evacuación.
■ Cuando las canalizaciones pueden verse sometidas a olas (esta situación no corresponde a las canalizaciones prefabricadas) (AD 6) debe realizarse una protección contra los daños mecánicos mediante uno o varios de los métodos expuestos en los apartados:
□ Choques mecánicos (AG).
□ Vibraciones (AH).
□ Otros esfuerzos mecánicos (AJ).

Presencia de cuerpos sólidos (AE)

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los peligros provenientes de la penetración de cuerpos sólidos. La canalización debe cumplir, después del ensamblaje, el grado de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.

■ En emplazamientos donde se encuentren cantidades importantes de polvo (AE 4), deben tomarse precauciones adicionales para impedir la acumulación de polvo o de otras sustancias en cantidades que pudieran afectar la evacuación de calor de las canalizaciones.

Nota: Puede ser necesario un tipo de instalación que facilite la extracción del polvo "Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza".

■ No deben estar en contacto mutuo metales diferentes que puedan formar pares electroquímicos, a no ser que se adopten medidas particulares para evitar las consecuencias de tales contactos.

■ Los materiales que puedan provocar deterioros mutuos o individuales o degradaciones peligrosas no deben instalarse en contacto.

Choque mecánicos (AG)

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los daños a causa de esfuerzos mecánicos como por ejemplo choques, penetraciones o compresión, durante su instalación, uso y mantenimiento.

■ En las instalaciones fijas donde puedan producirse choques medios (AG 2) o importantes (AG 3), puede asegurarse la protección mediante uno de los medios siguientes:

□ Las características mecánicas de las canalizaciones.
□ El emplazamiento elegido.
□ La disposición de una protección mecánica complementaria, local o general.
□ O la combinación de estas medidas.

Vibración (AH)

■ Las canalizaciones soportadas o fijadas en estructuras o en materiales sometidos a vibraciones medias (AH 2) o importantes (AH 3) deben ser apropiadas a estas condiciones, particularmente en lo que se refiere a cables y conexiones.

Nota: Es conveniente prestar una atención particular a las conexiones a equipos vibratorios. Pueden adoptarse medidas locales, como por ejemplo cables flexibles.

■ La instalación de materiales eléctricos suspendidos, tales como las luminarias deben realizarse con cables flexibles. En los casos que no se puedan producir movimientos o bibraciones se pueden utilizar conductores rígidos.

Otros esfuerzos mecánicos (AJ)

■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se impida, durante la instalación, la utilización y el mantenimiento, cualquier daño a las cubiertas y al aislamiento de los conductores aislados y de los cables y las terminales de éstos.

■ Los tubos y conductos de sección no circular empotrados en la pared, deben estar completamente instalados para cada circuito antes de tender los conductores o cables.

■ Una canalización debe tener un radio de curvatura tal que los conductores y cables no se vean dañados.

■ Cuando los conductores o cables no se vean soportados en toda su longitud, ya sea a causa de los soportes o del sistema de instalación, deben estar soportados por medios apropiados a intervalos suficientes de forma que los conductores o cable no se vean dañados por su propio peso.

■ Cuando las canalizaciones se vean sometidas a una tracción permanente (por ejemplo a causa de su propio peso en tendido vertical), deberá elegirse un tipo de cable o conductor apropiado con una sección y un sistema de instalación apropiados, de forma que se evite cualquier daño a los cables y a sus soportes.
■ Las canalizaciones en que deben tenderse los conductores o cables deben tener medios de acceso apropiados para permitir el tendido.
■ Las canalizaciones empotradas en los suelos deben estar suficientemente protegidas contra los daños previsibles debidos a la posible utilización del suelo.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas.
■ Los recorridos de las canalizaciones que estén fijadas rígidamente y empotradas en las paredes deben ser horizontales, verticales o paralelos a las aristas de la pared, excepto para canalizaciones en techos o en suelos, que pueden seguir el recorrido práctico más corto.
■ Las canalizaciones empotradas en el interior de suelos, paredes y techos, pero no fijadas, pueden seguir el recorrido práctico más corto.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas.
■ Los cables flexibles deben instalarse de forma que se eviten esfuerzos excesivos de tracción sobre los conductores y las conexiones.
Esta recomendación no afecta a las canalizaciones prefabricadas.
■ Los soportes y envolventes de los cables no tendrán aristas agudas.

ITC-BT-30-3

Presencia de vegetación o moho (AK)
■ Cuando las condiciones conocidas o previsibles presenten un riesgo (AK 2), las canalizaciones deberán elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección.

Nota: Puede ser necesario un sistema de instalación que facilite la extracción de este moho.

Presencia de fauna (AL)
Cuando las condiciones conocidas o previstas presenten un peligro (AL 2), las canalizaciones deben elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección, como:
■ Características mecánicas de las canalizaciones.
■ Selección del emplazamiento.
■ Disposición de una protección mecánica adicional, local o general.
■ Cualquier combinación de estas medidas.

Radiación solar (AN)
Cuando sean conocidas o previsibles radiaciones solares importantes (AN 2) deberá elegirse e instalarse una canalización apropiada a estas condiciones, o deberá preverse una pantalla apropiada.

Riesgos sísmicos (AP)
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de la zona de instalación.
■ Cuando los riesgos sísmicos conocidos sean débiles (AP 2) o más importantes, deberá prestarse una atención particular a:
□ Las fijaciones de las canalizaciones a las estructuras del edificio.
□ Las conexiones entre las canalizaciones fijas y todos los materiales esenciales, como los servicios de seguridad, que deben ser elegidos por su flexibilidad.

Viento (AR)
Véanse apartados “Vibraciones (AH)” y “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”.

Estructura de los edificios (CB):

■ Cuando la estructura de los edificios presente riesgos de movimiento (CB 3), los soportes de cables y los sistemas de protección deben permitir el movimiento relativo a fin de evitar que los conductores y los cables se vean sometidos a esfuerzos mecánicos excesivos.

■ En las estructuras flexibles o inestables (CB 4), deberán utilizarse canalizaciones flexibles.

Corrientes admisibles

La corriente máxima transportada de modo continuo por todo conductor bajo condiciones específicas debe ser tal que su temperatura máxima en servicio continuo no sobrepase la temperatura límite especificada en la Tabla L3-010, página L/105.

Temperaturas máximas de trabajo según el tipo de aislamiento

Tipo de aislamiento	Temperatura máxima de trabajo (1) (ºC)
Policloruro de vinilo (PVC)	Conductor: 70
Polietileno reticulado (XLPE) y etileno-propileno (EPR)	Conductor: 90
Mineral (con cubierta de PVC o desnudo y accesible)	Cubierta metálica: 70
Mineral (desnudo inaccesible y no en contacto con materiales combustibles)	Cubierta metálica: 105 (2)

(1) Los valores máximos de las temperaturas admisibles se han tomado de las normas IEC 60502: 1983 e IEC 60702: 1981.
(2) Para los cables con aislamiento mineral pueden admitirse temperaturas superiores en servicio continuo, según el nivel de temperatura del cable y de sus terminales, de las condiciones ambientales y de otras influencias externas.

Tabla L3-009: *temperatura máxima de trabajo según el tipo de aislamiento.*

Dimensiones de los cables

■ Para cables multiconductores con aislamiento de polímeros cuyos conductores tengan una sección inferior o igual a 16 mm^2, los valores de corrientes admisibles se basan en los cables cuyas dimensiones sean apropiadas a los conductores circulares. Para conductores de mayor sección se indican los valores para conductores sectoriales.

■ Las variaciones prácticas conocidas en la fabricación de cables (por ejemplo la forma del conductor) y las tolerancias de fabricación, conducen a una gama de dimensiones posibles para cada sección nominal. Los valores indicados en las tablas se han elegido teniendo en cuenta estas variaciones de valores con garantía y uniendo los valores para una curva regular, en función de la sección nominal de los conductores.

■ Los valores de corrientes admisibles, los factores de temperatura ambiente y de agrupamiento dados se aplican a los cables sin armadura y a los conductores aislados de conformidad a las normas UNE 21031; 21123 y 21157, siempre para los espesores de aislamiento correspondientes a tensiones de 1 kV en CA, a 50 o 60 Hz y 1,5 kV en CC.

■ Los valores de las tablas para cables multiconductores pueden utilizarse para cables armados, con la condición de que cada cable contenga todos los conductores de un circuito en CA, y los valores estén dentro del margen de seguridad.

■ Los valores de las tablas pueden usarse igualmente con garantía para cables con conductor concéntrico y pantalla o envolvente metálica.

■ Los valores de las tablas pueden aplicarse para circuitos en corriente continua.

■ Las corrientes admisibles indicadas en las tablas están determinadas para los tipos de conductores y cables aislados y para los tipos de instalación normalmente utilizados en las instalaciones eléctricas fijas:
□ La Tabla L3-010 indica los métodos de referencia de instalación y las correspondientes tablas de corrientes admisibles.
□ La Tabla L3-011 indica otros tipos de instalación, con el procedimiento a utilizar para reducir los valores de corriente admisibles en los métodos de referencia.
Ver capítulo H1, apartado 2, página H1/74 “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción” del 2.° Volumen.

Temperatura ambiente
■ El valor de la temperatura ambiente a utilizar (40 °C), es la temperatura del medio circundante, cuando los cables o conductores considerados no están cargados.
■ El efecto de otras fuentes sobre la temperatura ambiente puede no tenerse en consideración.

Las intensidades máximas expresadas en las tablas están derivadas de las intensidades máximas establecidas por el CENELEC para Europa, que se basan en una temperatura ambiente de 30 °C, pero para el territorio español la temperatura ambiente media más apropiada es de 40 °C. Los valores expresados en las tablas ya están extrapolados para los 40 °C.

Radiación solar
Los factores de corrección a la tabla L3-006 no tiene en cuenta el aumento transitorio de temperatura de los rayos solares o de otras radiaciones infrarrojas. Cuando los cables o conductores se someten a tales radiaciones, las corrientes admisibles deben calcularse por los métodos específicos del capítulo H1, apartado 2. “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, página H1/74 del 2.º Volumen, en concordancia a la norma UNE 21144.

ITC-BT-07

Métodos de instalación

Descripción de los métodos de referencia
■ Métodos de referencia A y A2:
□ A: cables unipolares aislados en el interior de tubos de paredes térmicamente aislantes.
□ A2: cables multiconductores en el interior de tubos en paredes térmicamente aislantes.
La pared está constituida por un revestimiento exterior estanco, un aislamiento térmico y un revestimiento interior de madera o material análogo, con una conductancia térmica de 10 W/m · °K.
El tubo está fijado próximo, pero sin tocarlo necesariamente, a la capa de revestimiento interior. El tubo puede ser metálico o en materia plástica. El calor desprendido del cable se disipa solamente a través de esta capa interior.
■ Métodos de referencia B y B2:
□ B: cables unipolares aislados bajo tubo sobre un tabique de madera.
□ B2: cables multiconductores aislados bajo tubo sobre un tabique de madera
El tubo está montado de tal forma que la distancia entre el tubo y el tabique de madera es inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. El tubo puede ser metálico o de material plástico.
Si el tubo está fijado sobre una pared de obra los conductores podrían soportar corrientes admisibles más elevadas (en estudio).
■ Método de referencia C.
Cables unipolares o multiconductores sobre un tabique de madera.

El cable está montado de tal forma que la distancia entre él y el tabique de madera es inferior a 0,3 veces su diámetro.
Si el cable está fijado sobre una pared de obra los conductores podrían soportar corrientes admisibles más elevadas (en estudio).
■ Métodos de referencia E, F y G.
Cable unipolar o multiconductor al aire libre.
El cable está montado de tal forma que no existen dificultades para la disipación del calor. El calentamiento por radiación solar o por otras fuentes de calor se tendrán en cuenta.
Deben tomarse precauciones para no impedir la convección natural del aire. En la práctica una separación entre el cable y toda superficie adyacente debe ser al menos de 0,3 veces el diámetro exterior del cable para cables multiconductores, y 0,1 para cables unipolares, para poder considerar las corrientes admisibles correspondientes a instalaciones al aire.

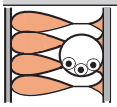
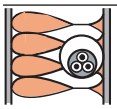
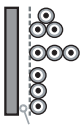
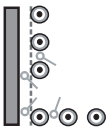
Configuración de los circuitos
Las corrientes admisibles indicadas en la Tabla L3-010 son válidas para circuitos sencillos constituidos por el siguiente número de conductores:
■ Métodos de referencia A y B:
□ Dos conductores aislados o dos cables unipolares.
□ Tres conductores aislados o tres cables unipolares.
■ Métodos de referencia A2 y B2:
□ Un cable de dos o tres conductores.
■ Método de referencia C:
□ Dos cables unipolares o un cable de dos conductores.
□ Tres cables unipolares o un cable de tres conductores.
■ Método de referencia E, F y G:
□ Las corrientes admisibles indicadas en la Tabla L3-010 son válidas para cables de dos o tres conductores, dos o tres cables unipolares dispuestos según se indica para cada método de referencia.

Número de conductores cargados
Los valores de corriente admisibles indicados para los conductores cargados son válidos para un cable de dos conductores.
Los cables de tres conductores pueden soportar corrientes admisibles más elevadas cuando solamente están cargados dos conductores.
Los valores de corrientes admisibles indicadas para tres conductores cargados son igualmente válidos en un sistema trifásico con neutro equilibrado.
Los cables de cuatro o cinco conductores pueden transportar corrientes admisibles más elevadas, cuando solamente se cargan tres conductores. Este tema está en estudio.

Condiciones de instalación
Para determinar las corrientes admisibles en un cable se considera una bandeja no perforada cuando los agujeros ocupan menos del 30% de su superficie.
Una bandeja de escalera se considera como soporte metálico si la superficie sobre la que se apoyan los cables ocupan menos del 10% de la superficie.

Variación de las condiciones de instalación en un recorrido
Cuando por razones de protección mecánica se dispone un cable en un conducto o canal para instalaciones (canaleta), en una longitud no superior a un metro, no será necesaria la reducción de corrientes admisibles, siempre que el conducto o canal para instalaciones (canaleta) esté al aire o instalado sobre una superficie vertical.
Cuando una canalización está empotrada o instalada sobre un material de resistencia térmica superior a 2 °K · m/W, no será necesaria una reducción de corriente admisible, siempre que su longitud no supere los 0,2 m.

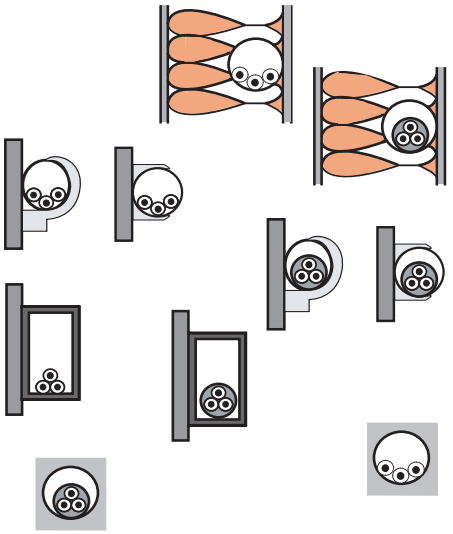
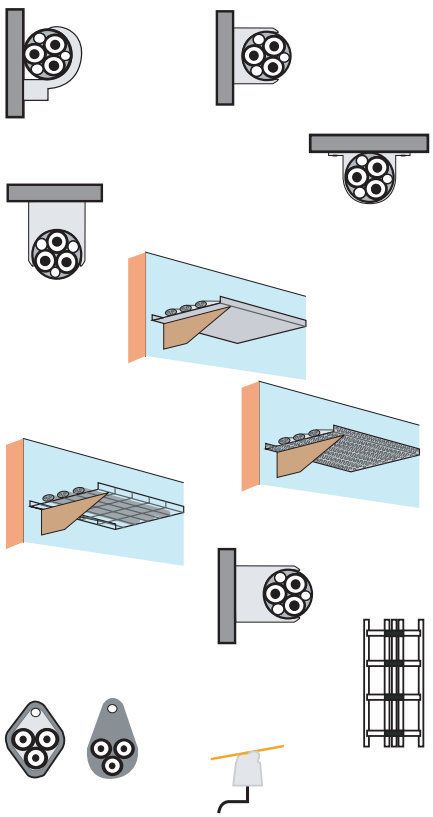
Metódos de referencia. UNE 20460-94 (52-B1)

Instalación de referencia		Tablas y columnas						
		Aislamiento PVC 2 conductores	Aislamiento PVC 3 conductores	Aislamiento XLPE o EPR 2 conductores	Aislamiento XLPE o EPR 3 conductores	Aislamiento mineral 1, 2 y 3 conductores	Factor de temperatura ambiente	Factor de agrupamiento
1	2	3	4	5	6	7	8	9
 Local	Conductores aislados en tubos empotrados, en paredes aislantes.	A	52-C1 col. A	52-C3 col. A	52-C2 col. A	52-C4 col. A	–	52-D1	52-E1
 Local	Cables multiconductores en tubos empotrados, en paredes aislantes.	A2	52-C13 col. 2	52-C13 col. 4	52-C14 col. 2	52-C14 col. 4	–	52-D1	52-E1
	Conductores aislados en tubos, sobre un tabique de madera.	B	52-C1 col. B	52-C3 col. B	52-C2 col. B	52-C4 col. B	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores en tubos, sobre un tabique de madera.	B2	52-C13	52-C13	52-C14	52-C14	–	52-D1	52-E1
	Cables multiconductores posados sobre un tabique de madera.	C	52-C1 col. C	52-C3 col. C	52-C2 col. C	52-C4 col. C	70 ºC cubierta 52-C7 105 ºC cubierta 52-C6	52-D1	52-E1
	Cables de dos o tres conductores al aire libre. Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable.	E	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 ºC cubierta 52-C7 105 ºC cubierta 52-C8	52-D1	52-E1
	Cables unipolares al aire libre en contacto mutuo. Distancia al muro no inferior al diámetro del cable.	F	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 ºC cubierta 52-C7 105 ºC cubierta 52-C8	52-D1	52-E1
	Cables unipolares al aire libre, sin contacto mutuo Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable.	G	Cobre 52-C9 Aluminio 52-C10		Cobre 52-C11 Aluminio 52-C12		70 ºC cubierta 52-C7 105 ºC cubierta 52-C8	52-D1	–

Nota: En la UNE 20460-94-5-523 se mantiene un referenciado de las tablas propio de la norma, éste corresponde a la 52-B1, en cuanto a la forma de instalación, que en este manual hemos referenciado L3-010. En referencia a las intensidades capaces de soportar, la UNE la referencia con el número 52-C del 1 al 14 y una específica con un 20, en el manual la referencia a todas las tablas es la L3-012, página L/110, pero mantenemos la referencia C1 - C2 - ... - C14 en las columnas correspondientes.
Por tanto todas las referencias de la tabla corresponden a la L3-011, página siguiente, el número 52 es el genérico de todas las tablas de la norma, la referencia C(Nº) corresponde a la tabla de la norma y en esta tabla a la columna de la tabla L3-012.

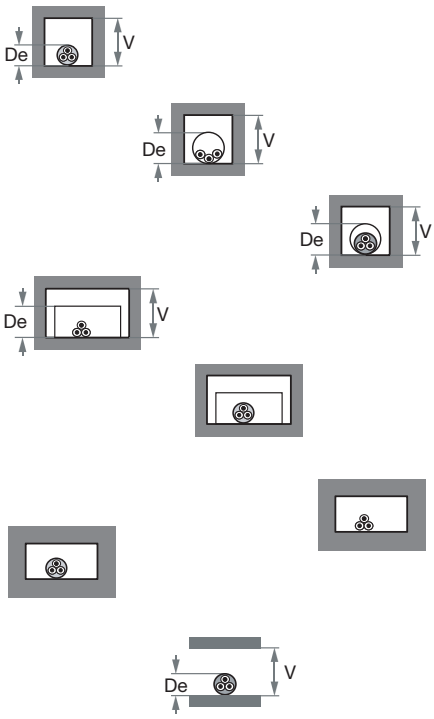
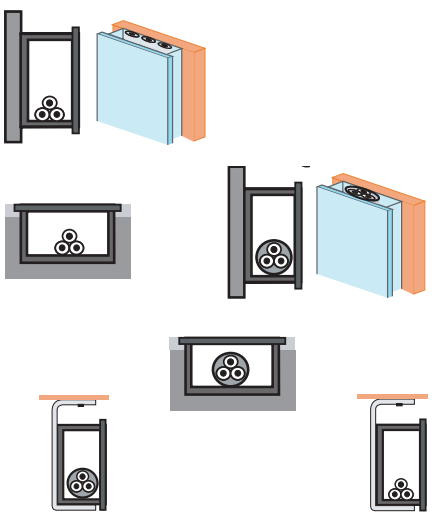
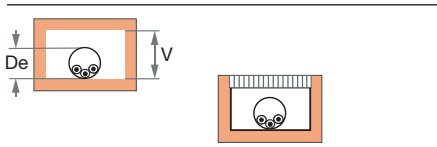
Tabla L3-010: *métodos de referencia.*

Métodos de instalación de las canalizaciones. UNE 20460-94 (52-B2)

Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes[1] [3].	A	1
	Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes[1] [3].	A2	2
	Conductores aislados en tubos sobre tabique de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B	3
	Cables multiconductores en tubos sobre tabique de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B2	3A
	Conductores aislados en conductos de sección no circular instalados sobre tabique de madera.	B	4
	Cables multiconductores en conductos de sección no circular instalados sobre tabique de madera.	[4]	4A
	Conductores aislados en conductos empotrados en muros de obra[2].	B	5
	Cables multiconductores en conductos empotrados en un muro de obra[2].	(En estudio)	5A
	Cables uni o multiconductores con 0 sin armadura: ■ Fijados sobre tabique de madera o espaciados a 0,3 veces el diámetro del cable.	C	11
	■ Fijados al techo de madera.	C Con coef. de ref. 3 de (52-E1)	11A
	■ Separados del techo.	(En estudio)	11B
	■ En bandejas no perforadas[2].	C Con coef. de ref. 2[6] de (52-E1)	12
	■ En bandejas perforadas o bandejas de rejilla en tendido horizontal o vertical[1] [2].	E o F Con coef. de ref. 4[5] [6] de (52-E1)	13
	■ En soportes en tendido horizontal o vertical.	E o F Con coef. de ref. 4-5 de (52-E1) o bien G[5] [6]	14
	■ Fijados mediante abrazaderas y separados de la pared o del techo.		15
	■ Sobrebandejas de escalera.		16
	■ Cables con cubierta uni o multiconductores suspendidos de, o incorporando un cable fiador.	E o F	17
	■ Conductores desnudos o aislados sobre aisladores.	G	18

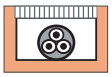
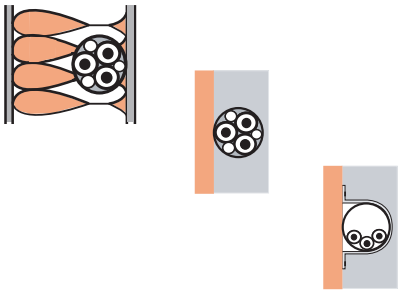
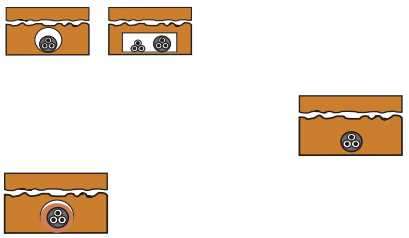
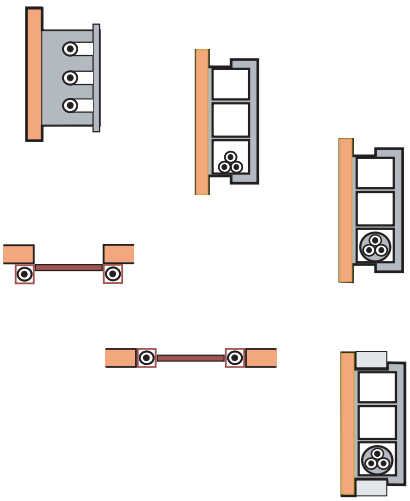
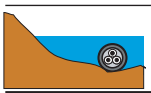
(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Cables con cubierta uni o multiconductores en huecos de la construcción[7] [8] [6].	1,5 De ⩽ V < 5 De (B2) 5 De ⩽ V < 50 De (B)	21
	Conductores aislados con tubos en huecos de la construcción[7] [9] [6].	1,5 De ⩽ V < 20 De (B2) 20 De ⩽ V (B)	22
	Cables uni o multiconductores aislados con tubos en huecos de la construcción.	(*)	22A
	Conductores aislados con conductos de sección no circular en huecos de la construcción[7] [9] [6].	1,5 De ⩽ V < 20 De (B2) 20 De ⩽ V (B)	23
	Cables uni o multiconductores en conductos de sección no circular en huecos de la construcción.	(*)	23A
	Conductores aislados con conductos de sección no circular embebidos en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2 ºK · m/W[7] [8] [6].	1,5 De ⩽ V < 5 De (B2) 5 De ⩽ V < 50 De (B)	24
	Cables uni o multiconductores embebidos en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2 ºK · m/W.	(*)	24A
	Cables con cubierta uni o multiconductores: ■ En falsos techos. ■ En falsos suelos[7] [8] [6].	Ver 24	25
	Conductores aislados o cables unipolares en canales para instalaciónes (canaletas) fijadas a un tabique de madera: ■ En sentido horizontal[10]. ■ En sentido vertical[10] [11].	 B B	31 32
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) fijadas a tabiques de madera: ■ En sentido horizontal[10]. ■ En sentido vertical[10] [11].	 (12) (12)	31A 32A
	Conductores aislados en canales para instalaciones (canaletas) empotrados en el suelo[10].	B	33
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) empotrados en el suelo[10].	B2	33A
	Conductores aislados en canales para instalaciones (canaletas) suspendidas[10].	B	34
	Cables multiconductores en canales para instalaciones (canaletas) suspendidas[10].	B2	34A
	Conductores aislados en tubos o cables multiconductores en canales de obra (atarjeas) cerrados en recorrido horizontal o vertical[11] [14].	1,5 De ⩽ V < 20 De (B2) 20 De ⩽ V (B)	41
	Conductores aislados con tubos en canales de obra (atarjeas) ventiladas[13] [15].	B	42

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Ejemplo	Descripción	Método de ref. (52-B1)	Ref.
	Cables uni o multipolares en canales de obra (atarjeas) abiertos o ventilados[15].	B	43
	Cables multiconductores con cubierta empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes.	A	51
	Cables con cubierta uni o multiconductores empotrados directamente en paredes, cuya resistividad térmica no sea superior a 2 ºK · m/W, sin protección mecánica complementaria[16].	C	52
	Cables con cubierta uni o multiconductores empotrados directamente en paredes, cuya resistividad térmica no sea superior a 2 ºK · m/W, sin protección mecánica complementaria[16].	C	53
	Cables uni o multiconductores con cubierta en tubos o en conductos de sección no circular enterrados.		61
	Cables uni o multiconductores con cubierta enterrados: ■ Sin protección mecánica adicional. ■ Con protección mecánica adicional.		 62 63
	Conductores aislados en molduras[17].	A	71
	Conductores aislados, cables unipolares dentro de canales de zócalo.	B[17]	72
	Cables multiconductores dentro de canales en los zócalos. (*) Compartimiento para cables de comunicaciones y datos.	B2	72A
	Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las puertas[17].	A	73
	Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las ventanas[17].	A	74
	Conductores aislados o cables uni o multipolares en canales enrasadas.		75
	Cables uni o multiconductores con cubierta sumergidos en agua.		81

1) La pared interior tiene una conductividad térmica no inferior a 10 W/m · ºK.
2) La resistividad térmica de la obra de albañilería no es superior a 2 °K · m/W.
3) Para un cable multiconductor directamente en muro aislado, véase 51.
4) En estudio por la IEC, pueden utilizarse los valores dados para el método B2.
5) Para ciertas aplicaciones puede ser más apropiado utilizar factores específicos, por ejemplo las tablas 52-E4 y 52-E5.

6) Estos valores pueden utilizarse también en recorridos verticales. Cuando las condiciones de ventilación están limitadas, la temperatura ambiente de la parte superior del trazado vertical corre el riesgo de incrementarse considerablemente. El tema está en estudio por la IEC.
7) V = menor dimensión o diámetro del hueco, o dimensión del alveolo del bloque vertical, hueco del techo o del suelo. Si V es mayor que 50 D_e, los métodos C, E o F son adecuados. La profundidad de un hueco es más importante que su anchura.
8) D_e = diámetro exterior de un cable multiconductor:
■ 2,2 veces el diámetro de un cable, cuando tres cables unipolares están instalados en triángulo.
■ 3 veces el diámetro de un cable cuando tres cables están instalados contiguos.
9) D_e = diámetro exterior del conductor o altura del bloque alveolado.
10) Los valores de la Tabla L3-006, columnas C1 a C4, C13 y C14, para el método B y B2 son válidos para un solo circuito. En el caso de varios circuitos, los factores de corrección de la Tabla L3-009 (52-E1) deben aplicarse incluso si se prevén tabiques de separación.
11) Deben tomarse precauciones en casos de trazados verticales y si las condiciones de ventilación están limitadas: la temperatura ambiente de la parte superior del trazado vertical corre el riesgo de aumentar. Este tema está en estudio por la IEC.
12) En estudio por la IEC (pueden utilizarse los valores indicados para el método B2).
13) Para cables multiconductores instalados según el tipo de instalación n.º 42, se utilizará el método de referencia B2.
14) D_e = diámetro exterior del tubo.
V = altura interior del paso de conductores.
15) Es recomendable limitar el empleo de estos tipos de instalación en emplazamientos donde su acceso está permitido sólo a personas autorizadas y donde sea posible evitar la reducción de corrientes admisibles y riesgos de incendio, debidos a la acumulación de residuos.
16) Para cables de sección no superior a 16 mm^2 la corriente admisible puede ser superior (ver apartado "Descripción de los métodos de referencia", página L/103.
17) Se supone que la conductividad térmica del medio circundante es baja debido a los materiales de construcción y a los posibles espacios de aire.
Cuando la construcción es térmicamente equivalente a los métodos 31 o 32, pueden utilizarse los métodos de referencia B o B2.

Tabla L3-011: *métodos de instalación y clasificación para la determinación de las corrientes admisibles (52-B1).*

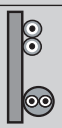
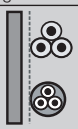
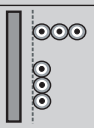
Intensidades admisibles

■ Métodos de instalación definidos en la Tabla L3-011 (52-B1): A, B, C.
■ Temperatura ambiente: 40 ºC.
■ Aislantes de los conductores y naturaleza de los conductores:
□ C01 - Policloruro de vinilo - Dos conductores cargados. T. Conductor 70 ºC.
□ C02 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Dos conductores cargados. T. Conductor 90 ºC.
□ C03 - Policloruro de vinilo - Tres conductores cargados. T. Conductor 70 ºC.
□ C04 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Tres conductores cargados. T. Conductor 90 ºC.
□ C05 - Mineral - Cobre - Cubierta de PVC o desnudo y accesible. T. Cubierta 70 ºC.
□ C06 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Cable desnudo inaccesible. T. Cubierta 105 ºC.
□ C07 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Envolvente de PVC o desnudo y accesible. T. Cubierta 70 ºC.
□ C08 - Mineral - Conductor y cubierta de cobre - Desnudo e inaccesible. T. Cubierta 105 ºC.
□ C09 - Policloruro de vinilo - Conductor de cobre. T. Conductor 70 ºC.
□ C10 - Policloruro de vinilo - Conductor de aluminio. T. Conductor 70 ºC.
□ C11 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Conductores de cobre. T. Conductor 90 ºC.
□ C12 - Polietileno reticulado o etileno propileno - Conductores de aluminio. T. Conductor 90 ºC.
□ C13 - Policloruro de vinilo - Dos o tres conductores cargados. T. Conductor de cobre o aluminio 70 ºC.
□ C14 - XLPE o EPR - Dos o tres conductores cargados. T. Conductor de cobre o aluminio 90 ºC.

L
3

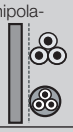
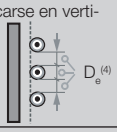
Tabla de intensidades correspondiente a las tablas de la UNE 20460 (52-C1 al 52-C13)

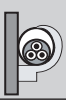
Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definido en la tabla de la IEC 52-B1											
	A 				B 				C[1] 			
	Aislamiento											
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Cobre												
1,5	12,5	17,5	12	15,5	15	21	13,5	18	17	22	15	20
2,5	17	24	15,5	21	21	28	18,5	25	23	30	21	27
4	22	32	21	28	28	38	24	34	31	41	28	36
6	29	41	27	36	26	49	31	44	40	53	36	47
10	40	56	37	49	49	68	43	60	55	73	50	65
16	53	74	49	66	66	91	59	80	74	97	66	87
25	69	96	64	86	88	121	77	106	97	126	84	108
35	86	119	77	106	109	149	96	131	120	156	104	134
50	103	144	94	128	134	180	117	159	146	190	125	163
70	131	182	118	163	167	230	149	202	185	245	160	208
95	158	219	143	197	202	278	180	245	224	298	194	253
120	183	253	164	227	234	322	208	284	260	348	225	293
150	209	317	188	259	-	-	-	-	299	401	260	338
185	237	329	213	295	-	-	-	-	341	460	297	386
240	278	386	249	346	-	-	-	-	401	545	350	455
300	319	442	285	396	-	-	-	-	461	631	403	524
Aluminio												
2,5	13	18	12	17,5	16	23	14,5	20	18,5	24	16	22
4	17,5	25	16	23	22	30	19	26	24	32	22	29
6	22	32	21	29	28	39	24	35	31	41	28	37
10	31	44	28	40	38	54	34	47	43	56	38	52
16	42	58	37	53	52	72	46	65	57	76	51	69
25	55	76	50	69	69	96	61	85	72	92	64	82
35	67	94	61	86	84	118	75	106	90	115	78	102
50	81	114	73	103	102	143	90	127	109	140	96	124
70	102	144	93	129	130	182	116	163	139	180	122	158
95	123	174	112	156	157	220	140	197	170	219	148	192
120	142	200	130	179	183	256	162	228	197	255	171	223
150	164	230	148	206	-	-	-	-	227	295	197	258
185	187	262	169	233	-	-	-	-	259	338	225	294
240	219	307	197	273	-	-	-	-	306	400	265	348
300	251	352	227	313	-	-	-	-	353	462	305	400

Conductor $S_{(nom}$ (mm²)	Tres conductores cargados									
	Un cable de dos conductores o dos unipolares cargados 			Un cable multiconductor o tres cables unipolares[2] en trébol 			Tres cables unipolares[2], en el mismo plano 			
	Aislamiento									
	C5[3]	C6		C5[3]	C6		C5[3]	C6		
500 V										
1,5	19,5	26		16	22		18	25		
2,5	26	35		22	30		25	33		
4	34	47		30	40		32	43		
750 V										
1,5	21	28		18	24		19,5	28		
2,5	29	38		24	32		26	38		
4	38	51		31	43		35	49		
6	48	64		41	54		44	62		
10	65	88		55	74		60	84		
16	87	117		73	98		78	109		
25	113	153		95	129		102	142		
35	139	187		116	157		125	172		
50	172	231		144	195		154	212		
70	210	282		176	239		188	258		
95	251	339		212	387		224	307		
120	289	390		243	330		258	352		
150	330	446		278	377		294	400		
185	374	506		315	428		333	453		
240	437	592		369	500		388	526		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definido en la Tabla de la UNE 20460-94-5-523 (52-B1)									
			Tres conductores cargados							
	Un cable de dos conductores o dos unipolares[2] cargados E o F 		Un cable multiconductor o tres cables unipolares[2] en trébol E o F 		Unipolares[2] en el mismo plano tocándose F 		Unipolares[2] en el mismo plano sin tocarse en vertical G  D_e[4]		Unipolares[2] en el mismo plano sin tocarse en horizontal G  D_e[4]	
	Aislamiento									
	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8	C7[3]	C8
500 V										
1,5	21	29	18	24	19,5	27	22	30	25	34
2,5	28	38	24	32	26	36	29	40	33	45
4	27	50	31	42	35	47	38	52	43	59
750 V										
1,5	22	30	19	26	22	29	24	32	27	37
2,5	31	41	25	35	29	40	31	43	36	50
4	40	55	34	46	38	52	42	56	48	64
6	51	70	43	59	48	65	53	72	60	82
10	70	96	59	80	65	88	71	97	81	110
16	93	126	78	106	87	117	93	126	106	144
25	121	165	102	138	112	151	121	164	138	188
35	148	202	125	169	137	184	147	199	167	228
50	183	250	155	210	168	227	181	245	206	280
70	224	306	190	257	205	276	220	297	250	340
95	269	368	227	308	246	330	262	354	298	406
120	309	423	262	354	281	378	300	406	342	465
150	354	484	299	406	320	431	340	458	386	520
185	401	548	339	460	362	488	379	512	431	579
240	469	641	396	537	422	568	422	574	480	648

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm²)	Método de referencia definidos en la Tabla IEC (52-B1)							
	Dos conductores cargados				Tres conductores cargados			
	A2[1] 		B2[1] 		A2[1] 		B2[1] 	
	Aislamiento							
	C13	C14	C13	C14	C13	C14	C13	C14
Cobre								
1,5	12	17	14,5	20	11,5	15	13	18
2,5	16	23	20	27	15	20	17,5	24
4	22	30	26	36	20	27	23	32
6	28	38	33	46	25	35	30	40
10	37	52	45	63	34	46	40	55
16	50	69	60	83	45	62	54	73
25	65	90	78	108	59	81	70	96
35	80	110	97	133	72	99	86	116
50	96	132	116	159	86	118	103	140
70	121	167	146	201	109	149	130	177
95	145	200	175	241	130	179	156	212
120	167	230	202	278	150	207	179	244
150	190	264	-	-	171	236	-	-
185	216	299	-	-	194	268	-	-
240	253	351	-	-	227	315	-	-
300	290	402	-	-	259	360	-	-
Aluminio								
2,5	13	18	15	21	12	16,5	13,5	19
4	17	24	21	28	15,5	22	18,5	25
6	22	30	26	36	20	28	23	32
10	29	41	36	49	27	37	31	44
16	38	55	47	66	36	50	42	58
25	50	71	62	86	46	65	54	76
35	62	87	75	105	57	79	67	94
50	75	105	90	126	68	95	80	113
70	94	132	114	159	85	119	101	142
95	113	159	136	191	103	143	121	171
120	130	183	157	220	117	164	139	197
150	150	209	-	-	135	187	-	-
185	170	238	-	-	153	212	-	-
240	199	279	-	-	180	248	-	-
300	229	320	-	-	206	285	-	-

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Métodos de referencia definidos en la Tabla de la UNE 20460/5/523 (52-B1)															
	Cables multiconductores								Cables unipolares[2]							
	Dos conductores cargados				Tres conductores cargados				Dos conductores cargados				Tres conductores cargados en trébol			
	E[1] 				E[1] 				F 				F 			
	Aislamiento															
	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12
1,5	19	-	23,5	-	16	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5	26	20	33	25	22	17	29	22	-	-	-	-	-	-	-	-
4	35	27	45	35	30	23	38	29	-	-	-	-	-	-	-	-
6	44	34	57	45	37	29	49	38	-	-	-	-	-	-	-	-
10	61	47	78	61	52	40	68	53	-	-	-	-	-	-	-	-
16	82	63	105	83	70	53	91	70	-	-	-	-	-	-	-	-
25	104	77	136	98	88	68	116	88	114	85	146	110	96	73	123	94
35	129	97	168	123	110	83	144	109	141	106	182	136	119	91	154	117
50	157	117	205	149	133	102	175	133	170	130	220	145	145	111	188	145
70	202	150	263	192	170	130	224	170	218	167	282	216	188	144	244	187
95	245	183	320	234	264	159	271	207	230	204	343	263	239	177	298	230
120	285	212	373	273	240	184	315	239	306	237	398	307	268	206	349	269
150	330	245	430	315	277	213	363	277	352	275	459	354	310	238	404	312
185	378	280	493	361	317	244	415	316	403	316	523	407	356	274	464	359
240	447	330	583	428	374	287	490	372	475	374	618	482	422	326	552	429
300	516	382	673	494	432	331	565	429	547	432	713	558	488	377	640	498
400	-	-	-	-	-	-	-	-	656	522	855	673	571	458	751	603
500	-	-	-	-	-	-	-	-	755	604	985	779	651	530	861	701
630	-	-	-	-	-	-	-	-	874	703	1.141	906	744	618	990	808

Conductor $S_{(nominal)}$ (mm^2)	Cables unipolares											
	Tres conductores cargados en el mismo plano											
	Tocándose				Sin tocarse							
					Horizontal				Vertical			
	F 				G  D_e[4]				G  D_e[4]			
	Aislamiento											
	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12	C9	C10	C11	C12
1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	99	76	128	97	127	97	166	126	113	86	147	111
35	124	95	160	123	157	121	206	157	141	108	183	139
50	151	116	197	150	190	147	250	191	171	132	224	179
70	196	150	254	196	244	189	321	247	221	170	289	222
95	239	184	311	240	297	230	391	302	270	210	354	273
120	279	215	364	280	345	268	455	352	315	245	413	319
150	324	250	422	326	397	310	525	408	365	284	480	371
185	371	287	485	376	453	354	602	469	418	327	550	428
240	441	341	577	448	535	419	711	556	495	389	654	511
300	510	396	670	520	617	485	821	644	573	451	758	593
400	599	480	790	632	741	584	987	779	692	547	917	721
500	686	557	908	733	854	674	1.140	902	800	635	1.064	838
630	787	649	1.047	857	990	783	1.323	1.050	931	741	1.239	980

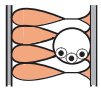
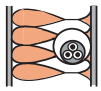
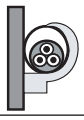
1) Para secciones inferiores o iguales a 16 mm^2 en el método C, se supone que los conductores son circulares. Para secciones superiores, los valores indicados para los conductores sectoriales, pueden aplicarse con garantía para conductores circulares.
2) Para cables unipolares, las cubiertas de los cables de un mismo circuito se unen en los extremos.
3) Para cables desnudos accesibles, los valores indicados se multiplican por 0,9.
4) D_e es el diámetro exterior del cable.

Tabla L3-012: *corrientes admisibles en amperios, en función de los métodos de instalación y el aislamiento.*

Presentación simplificada de las tablas de intensidades admisibles

Con el fin de simplificar estas tablas y disponer de un manejo fácil, se han agrupado, en determinados casos, en una misma columna diferentes tipos de cables y diferentes tipos de instalación, cuyos valores de intensidad admisible son prácticamente iguales.

Intensidades admisibles (tabla reducida)

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[2] en montaje superficial o empotrados en obra.				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2] en montaje superficicial o empotrados en obra.			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre muro[3].					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[4]. Distancia al muro no inferior a 0,3 De[5].						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia al muro no inferior a 0,3 De[5].							3x PVC			3x XLPE o EPR[1]	
G		Cables unipolares separados un mínimo de De[5].									3x PVC[1]		3x XLPE o EPR

	mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821
Aluminio	2,5	11,5	12	13,5	14	16	17,5	-	20	22	25	-
	4	15	16	18,5	19	22	24	-	25	29	35	-
	6	20	21	24	25	28	30	-	35	38	45	-
	10	27	28	32	34	38	42	-	47	53	61	-
	16	36	38	42	46	51	56	-	65	70	83	-
	25	46	50	54	61	64	71	73	82	88	94	126
	35		61	67	75	78	88	92	102	109	117	157
	50		73	80	90	96	106	110	124	133	145	191
	70				116	122	136	144	158	170	187	247
	95				140	148	167	177	192	207	230	302
	120				162	171	193	206	223	239	269	352
	150				187	197	223	238	258	277	312	406
	185				212	225	236	274	294	316	359	469
	240				248	265	300	326	348	372	429	556
	300				285	305	347	378	400	429	498	644

1) A partir de 25 mm^2 de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones (canaletas) y conductos de sección no circular.
3) O en bandejas no perforadas.
4) O en bandeja perforada.
5) D_e es el diámetro exterior del cable.

Tabla L3-013: *intensidades admisibles en (A) en función del número de conductores en carga y el aislamiento para una temperatura ambiente de 40 ºC.*

Factores de corrección

En función de la temperatura ambiente (AA)

Temperaturas ambientales distintas a 40 ºC. Para aplicar a los valores de intensidades admisibles, especificados para los cables al aire.

Temperatura ambiente ºC	Aislamiento			
		PVC	XLPE	Mineral
			Cubierta de PVC o desnudo accesible 70 ºC	Desnudo inaccesible 105 ºC
10	1,40	1,26	1,48	1,24
15	1,34	1,23	1,41	1,21
20	1,29	1,19	1,34	1,16
25	1,22	1,14	1,26	1,13
30	1,15	1,10	1,18	1,09
35	1,08	1,05	1,09	1,04
40	1	1	1	1
45	0,91	0,96	0,89	0,96
50	0,82	0,90	0,79	0,91
55	0,70	0,83	0,67	0,87
60	0,57	0,78	0,53	0,81
65		0,71		0,76
70		0,64		0,71
75		0,55		0,65
80		0,45		0,59
85				0,51
90				0,43
95				0,35

Tabla L3-014: *factores de corrección en función de la temperatura ambiente.*

Factores de corrección por agrupamiento

Agrupamiento de varios circuitos o varios cables multiconductores para utilizarlos con los valores de la Tabla reducida L3-013.

Ref.	Disposición cables contiguos	Número de circuitos o cables multiconductores											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	Agrupados en una superficie empotrados o embutidos.	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
2	Capa única sobre muro, suelo o superficie sin perforar.	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7	0,7	0,7	0,7	Sin reducción adicional para más de 9 circuitos o cables multiconductores.		
3	Capa única en el techo.	0,95	0,8	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,6	0,6			
4	Capa única en una superficie perforada vertical u horizontal.	1	0,9	0,8	0,75	0,75	0,75	0,75	0,7	0,7			
5	Capa única con apoyo de bandeja escalera o abrazaderas (collarines), etc.	1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			

Notas:
■ Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.

■ Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de reducción alguno.
■ Los factores también se aplicarán para:
□ Grupos de dos o tres cables unipolares.
□ Cables multiconductores.
■ Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor correspondiente a las tablas de los conductores cargados, para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
■ Si un conjunto de cables se compone de "n" conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como "n/2" circuitos de dos conductores o "n/3" circuitos de tres conductores cargados.
■ El promedio de los valores dados ha sido hallado sobre la variedad de conductores y de tipos de instalación incluidos en la Tabla reducida L3.013. La prescripción en conjunto de los valores tabulados es inferior a un 5%.
■ Para algunas instalaciones y para otros métodos de instalación facilitados en la tabla anterior, puede ser adecuado utilizar factores de cálculo para casos específicos, véanse por ejemplo las Tablas L3-016 y L3-017.

Tabla L3-015: *factores de reducción, sobre los valores de la tabla L3-013, para agrupamientos de varios circuitos.*

Factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores

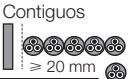
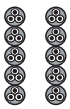
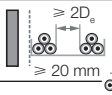
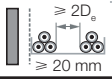
■ Para aplicar a los valores de referencia para cables multiconductores instalados al aire libre.
Método de instalación "E" en la Tabla L3-013, página L/113.

Tipo de instalación de la Tabla L3-013 (52-B2 de la IEC)			Número de cables						
			N.º de bandejas	1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas [3]	13	Contiguos ≥ 20 mm	1	1	0,9	0,8	0,8	0,75	0,75
			2	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
			3	1	0,85	0,7	0,75	0,7	0,65
		Espaciados ≥ 20 mm	1	1	1	1	0.95	0.9	-
			2	1	1	0,95	0,9	0,85	-
			3	1	1	0,95	0,9	0,85	-
Bandejas verticales perforadas [4]	13	Contiguos	1	1	0,9	0,8	0,75	0,75	0,7
			2	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,7
		Espaciados	1	1	0,9	0,9	0,9	0,85	-
			2	1	0,9	0,9	0,85	0,85	-
Bandejas escalera, soportes, etc.[3]	14 15 16	Contiguos ≥ 20 mm	1	1	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8
			2	1	0,85	0,8	0,8	0,75	0,75
			3	1	0,85	0,8	0,75	0,75	0,7
		Espaciados ≥ 20 mm	1	1	1	1	1	1	-
			2	1	1	1	0,75	0,75	-
			3	1	1	0,95	0,75	0,75	-

Notas:
1) Los valores indicados son para los tipos de cables y la gama de secciones especificados en la Tabla L3-007, página L/98 (52-C20 de la IEC). La desviación entre valores suele ser inferior al +/–5%.
2) Los factores son aplicables a capas simples de cables, tales como las arriba representadas, pero no a cables dispuestos en varias capas; los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado.
3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.
4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

Tabla L3-016: *factores de corrección para agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método E de la Tabla L3-013 (52-C20 de la IEC) al aire libre.*

■ Para aplicar a los valores de referencia para cables monoconductores[2] instalados al aire libre.
Método de instalación "F" en la Tabla L3-010, página L/105.

Tipo de instalación de la Tabla L3-013 (52-B2 de la IEC)			Número de circuitos trifásicos[5]				A utilizar para:
			N.º de bandejas	1	2	3	
Bandejas perforadas[3]	13	Contiguos 	1	0,95	0,9	0,85	Tres cables en capa horizontal
			2	0,95	0,85	0,8	
			3	0,9	0,85	0,8	
Bandejas verticales perforadas[4]	13	Contiguos 	1	0,95	0,85	-	Tres cables en capa vertical
			2	0,9	0,85	-	
Bandejas escalera soporte, etc.[3]	14 15 16	Contiguos 	1	1	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
			2	0,95	0,9	0,9	
			3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas perforadas[3]	13		1	1	1	0,95	Tres cables dispuestos en trébol
			2	0,95	0,95	0,9	
			3	0,95	0,9	0,85	
Bandejas verticales perforadas[4]	13		1	1	0,9	0,9	
			2	1	0,9	0,85	
Bandejas escalera, soportes, etc.[3]	14 15 16		1	1	1	1	
			2	0,95	0,95	0,95	
			3	0,95	0,95	0,9	

Notas:

1) Los valores indicados son para los tipos de cables y la gama de secciones especificados en la Tabla L3-013 (52-C20 de la IEC). La desviación entre valores suele ser inferior al +/–5%.

2) Los factores son aplicables a capas simples de cables, tales como las arriba representadas, pero no a cables dispuestos en varias capas; los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado.

3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas, se reducirán los factores.

Tabla L3-017: *factores de corrección por agrupamiento de varios cables multiconductores, instalados según el método F de la Tabla L3-013 (52-C20 de la IEC) al aire libre.*

Intensidades en cables subterráneos

Intensidades máximas admisibles, en (A), en servicio permanente de los cables directamente enterrados en las condiciones siguientes (según UNE):

- Temperatura del terreno –25 ºC.
- Resistividad térmica del terreno –1 K m/W.
- Profundidad de instalación de los conductores –0,7 m.
- Un conductor trifásico o un terno de cables unipolares en contacto mutuo.

Conductor	Sección mm²	Aislamiento PVC		XLPE		EPR	
		3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar
Cobre	1,5	28	25	32	28	31	28
	2,5	38	34	44	40	43	39
	4	50	45	57	52	55	51
	6	63	56	72	66	70	64
	10	85	75	96	88	94	85
	16	110	97	125	115	120	110
	25	140	125	160	150	155	140
	35	170	150	190	180	185	175
	50	200	180	230	215	225	205
	70	245	220	280	260	270	250
	95	290	265	335	310	325	305
	120	335	305	380	355	375	350
	150	370	340	425	400	415	390
	185	420	385	480	450	470	440
	240	485	445	550	520	540	505
	300	550	505	620	590	610	565
	400	615	570	705	665	690	645
	500	685	-	790	-	775	-

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Conductor	Sección mm²	Aislamiento PVC		XLPE		EPR	
		3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar	3 cables unipolares	1 cable tripolar
Aluminio	16	86	76	97	90	94	86
	25	110	98	125	115	120	110
	35	130	120	150	140	145	135
	50	155	140	180	165	175	160
	70	190	170	220	205	215	200
	95	225	210	260	240	255	235
	120	260	235	295	275	290	270
	150	290	265	330	310	325	305
	185	325	300	375	350	365	345
	240	380	350	430	405	420	395
	300	430	395	485	460	475	445
	400	480	445	550	520	540	500
	500	525	-	615	-	605	-

Nota: Cables en tubolares enterrados:
1) Para cables tripolares en el interior de un tubo o para unipolares en el interior de sendos tubos, la intensidad admisible será la del cable enterrado directamente, corregida con la aplicación del factor 0,8.
2) Para más de un circuito se aplicarán además los factores de corrección de la Tabla L3-015 (52-N4 de la UNE 20460-94/5-523).

Tabla L3-018: *intensidades máximas admisibles en amperios, para conductores enterrados directamente, según UNE 20460-94/5-523.*

Factores de corrección para temperaturas del suelo distintas de 25 ºC

Para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados de la Tabla L3-012, página L/112.

Suelo T (ºC)	Aislantes PVC	XLPE y EPR	Suelo T (ºC)	Aislantes PVC	XLPE y EPR	Suelo T (ºC)	Aislantes PVC	XLPE y EPR
10	1,16	1,11	35	0,88	0,93	60	0,47	0,68
15	1,11	1,08	40	0,81	0,89	65	-	0,62
20	1,05	1,04	45	0,75	0,83	70	-	0,55
25	1	1	50	0,66	0,79	75	-	0,48
30	0,94	0,97	55	0,58	0,74	80	-	0,4

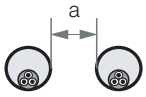
Tabla L3-019: *factores de corrección para aplicar a los valores de intensidades admisibles para cables enterrados.*

Factores de corrección para agrupamiento de varios cables enterrados directamente en el suelo

Número de circuitos	Distancias entre cables (a)(1) Nula (cables que se tocan)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 mm	0,5
2	0,75	0,8	0,85	0,9	0,9
3	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
4	0,6	0,6	0,7	0,75	0,8
5	0,55	0,55	0,65	0,7	0,8
6	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8

1) Cables multiconductores.

Cables multiconductores



Cables unipolares

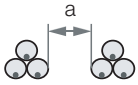


Tabla L3-020: *factores de corrección por el agrupamiento de varios cables enterrados directamente.*

Los valores de las tablas son válidos para una profundidad de zanja de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 k · m/W.
La toma de valores medios y el redondeo puede conducir, en algunos casos, a desviaciones de +/–10%.

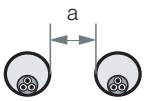
Cuando sean necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la norma UNE 21144 con factor de carga del 100%.

Factores de corrección por agrupamiento de varios cables instalados en tubos enterrados

Tipo de instalación según nota 1 de la Tabla L3-012, página L/112.

Cables multiconductores en tubos (un cable por tubo)				
Número de cables	Distancias entre tubos (a)[1]			
	Nula (cables que se tocan)	0,25 m	0,5 m	1 m
2	0,85	0,9	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,9	0,95
4	0,7	0,8	0,85	0,9
5	0,65	0,8	0,85	0,9
6	0,6	0,8	0,8	0,9

Cables multiconductores



Cables unipolares en tubos (un cable por tubo)				
N.º de circuitos constituidos por 2 o 3 cables.	Distancias entre tubos (a)[1]			
	Nula (tubos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1 m
2	0,8	0,9	0,9	0,95
3	0,7	0,8	0,85	0,9
4	0,65	0,75	0,8	0,9
5	0,6	0,7	0,8	0,9
6	0,6	0,7	0,8	0,9

Cables unipolares

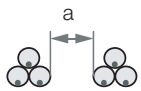


Tabla L3-021: *factores de corrección por el agrupamiento de varios cables instalados en tubos y enterrados.*

Los valores de las tablas son válidos para una profundidad de zanja de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 1 k · m/W.

La toma de valores medios y el redondeo puede conducir, en algunos casos, a desviaciones de +/–10%.

Cuando sean necesarios valores más precisos, pueden calcularse por los métodos de la norma UNE 21144 con factor de carga del 100%.

Secciones de los conductores

■ La sección de los conductores de fase (CA) y activos en (CC) no deben ser inferiores a los valores correspondientes de la Tabla L3-022.

■ Un conductor neutro eventual debe tener la misma sección que los conductores de fase:

□ En los circuitos monofásicos de dos conductores, independientemente de la sección del conductor de fase.

□ En los circuitos monofásicos de tres conductores y en los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección máxima de 16 mm^2 de cobre o 25 mm^2 de aluminio.

■ En los circuitos polifásicos cuyos conductores de fase tengan una sección superior a 16 mm^2 de Cu o de 25 mm^2 en Al, el conductor neutro puede tener una sección inferior a la de los conductores de fase si cumple las siguientes condiciones:

□ La corriente máxima, incluidos los eventuales armónicos, susceptibles de recorrer el conductor neutro en servicio normal, no debe ser superior a las corrientes admisibles correspondientes a la sección reducida del conductor neutro.

Nota: Es importante que la carga transportada por el circuito esté prácticamente equilibrada entre fases.

□ El conductor neutro debe estar protegido contra las sobreintensidades según lo establecido en el capítulo L, apartado C.2. “Protección del conductor neutro”, página L/57.

□ La sección del conductor neutro debe ser como mínimo de 16 mm^2 en Cu y 25 mm^2 en Al.

Sección mínima de los conductores

Naturaleza de las canalizaciones		Utilización del circuito	Conductores	
			Materia prima	Sección (mm^2)
Instalaciones fijas	Cables y conductores aislados	Potencia e iluminación	Cobre Aluminio	1,5 16(1)
		Señal y control	Cobre	0,5(2)
	Conductores desnudos	Potencia	Cobre Aluminio	10 16(4)
		Señal y control	Cobre	4(4)
Enlaces flexibles por cables o conductores aislados		Para un aparato determinado	Cobre	Según norma correspondiente de la IEC
		Para cualquier otra aplicación		0,75(3)
		Circuitos de tensión muy baja para aplicaciones especiales		0,75

Notas:
1) Los conectores utilizados para las conexiones de conductores de aluminio deben ensayarse y aprobarse para este uso específico.
2) Se admiten secciones mínimas de 0,1 mm^2 en los circuitos de señal y control, destinados a materiales electrónicos.
3) Para cables flexibles que tengan siete conductores o más se aplicará la nota 2.
4) Requisitos especiales para circuitos de iluminación en MBT, están en estudio por la IEC.

Tabla L3-022: *secciones mínimas de los conductores.*

Caída de tensión en las instalaciones

Las caídas de tensión están en estudio por la IEC y son actualmente prescripciones de los reglamentos particulares.

Nota: En ausencia de otras consideraciones, se recomienda por la IEC que en la práctica la caída de tensión entre el origen de la instalación y la última carga del circuito en consideración no sobrepase el 4% de la tensión nominal de la instalación.

ITC-BT-09-3
ITC-BT-14-3
ITC-BT-15-3-6
ITC-BT-19-2-2
ITC-BT-25-3

En España se admite

■ Caída de tensión de las acometidas en BT, desde la conexión a la red hasta la conexión del abonado 1,5% de la tensión nominal.
■ Desde la conexión del abonado hasta la última carga:
□ En circuitos de alumbrado 3% de la tensión nominal.
□ En los demás circuitos 5% de la tensión nominal.
■ Caídas de tensión en abonados suministrados directamente desde el transformador:
□ Circuitos de alumbrado 4,5% de la tensión nominal.
□ Otros circuitos 6,5% de la tensión nominal.
■ Pueden tenerse en consideración por su importancia, respecto al circuito, las corrientes de los períodos de arranque de ciertos motores o la conexión de cargas importantes.
■ Pueden no tenerse en consideración las sobrecargas temporales, tales como las sobreintensidades transitorias o las variaciones de tensión a causa de un funcionamiento anormal.

ITC-BT-19-2-11

Conexiones eléctricas

■ Las conexiones entre conductores y entre conductores y otros materiales deben garantizar una buena conductividad eléctrica y una resistencia mecánica suficiente.

■ La elección de los medios de conexión debe tener en cuenta:
□ El material de los conductores y su aislamiento.
□ El número y la forma de los conductores.
□ La sección de los conductores.
□ El número de conductores que deben conectarse juntos.

Nota: Las conexiones soldadas deben evitarse en los circuitos de potencia. Si se utilizasen, es conveniente que se efectúen teniendo en cuenta las intensidades, las tensiones mecánicas y el aumento de temperatura en los posibles casos de defecto.

■ Las conexiones deben ser accesibles, para las verificaciones, ensayos y mantenimiento, excepto en los siguientes casos:
□ Empalmes de los cables enterrados.
□ Empalmes empotrados en un compuesto o sellados.
□ Conexiones entre empalmes fríos y los elementos calefactores de paredes, techos y cables radiantes.
■ Deberán tomarse precauciones para que la temperatura de las conexiones en servicio normal no afecte el aislamiento de los conductores que están conectados o que las soportan.

Selección e instalación para limitar la propagación del fuego

Precauciones en un sector de incendio

ITC-BT-14-3
ITC-BT-15-2/3
ITC-BT-28-4

■ El riesgo de propagación del fuego debe limitarse eligiendo materiales apropiados y mediante una instalación de conformidad a las prescripciones de este apartado.
■ Las canalizaciones deben instalarse de forma que no se reduzcan las características de la estructura del edificio y la seguridad de incendio.
■ Los conductores de conformidad a la UNE 20432-1 y los productos que tengan el comportamiento al fuego necesario especificado en la IEC 60614 y en la IEC 61084-1, u otros documentos tales como CLC/TC113 para canalizaciones, pueden instalarse sin tomar precauciones especiales.

Nota: Cuando se prevé un riesgo específico en una instalación, pueden ser necesarios conductores que superen los ensayos en el grado de máxima severidad de la UNE 20432-3 para cables en capas.

■ En el caso de utilizar conductores que no cumplan como mínimo las prescripciones de retardo de llama de la UNE 20432-1, éstos deberán ser limitados a longitudes cortas para las conexión de los aparatos a las canalizaciones fijas y, en todo caso, no deben pasar de un compartimiento a otro.
■ En caso de utilizar partes de canalizaciones o parte de los conductores, que no cumplan las prescripciones de retardo de la llama de la IEC 60614 y de otras normas para canalizaciones, pero que sí cumplan con el resto de prescripciones de la IEC 60614 y de otras normas UNE para canalizaciones, éstas deberán estar completamente envueltas con materiales de construcción no combustibles apropiados.

Barreras cortafuegos

ITC-BT-15-2

■ Cuando una canalización atraviesa elementos de construcción como suelos, paredes, tejados, techos, tabiques, etc., las aperturas que queden después de atravesar la canalización deberán ser obturadas según el grado de resistencia al fuego prescrito para el elemento constructivo correspondiente antes de ser atravesado, según UNE 23093.

ITC-BT-15-2
Tabla 1

■ Las canalizaciones como tubos, conductos de sección rectangular, canales, canalizaciones prefabricadas que penetren dentro de elementos constructivos, con una resistencia al fuego específica, deben ser obturados interiormente según el grado de resistencia al fuego del elemento correspondiente antes de la penetración, y obturadas también exteriormente como prescribe el párrafo anterior.

■ Las prescripciones de los dos párrafos anteriores se ven cumplidas si la obturación de la canalización en cuestión es de un tipo ensayado.
■ Los tubos y canales de un material que cumpla el ensayo de no propagación de la llama de la IEC 60614 y de la IEC 61084-1, y con una sección interior como máximo de 710 mm^2 no necesitan obturación interior a condición de que:
□ Los tubos y canales tengan los grados de protección IP33 definidos por la UNE 20324.
□ Todos los finales del sistema en uno de los compartimientos separados por la construcción del edificio que haya sido penetrado satisfagan los grados de protección IP33, de UNE 20324.
■ Ninguna canalización debe penetrar en una pared maestra, a menos que se mantengan las características de la pared después de la penetración. Ver UNE 23093.
■ Todas las disposiciones de obturación utilizadas según los dos primeros párrafos y las prescripciones del apartado "Influencias externas", deben cumplir las siguientes prescripciones:
□ Deben ser compatibles con los materiales en contacto en la canalización.
□ Deben permitir las dilataciones sin reducir la calidad de la obturación.
□ Deben presentar una estabilidad mecánica apropiada para soportar los esfuerzos que puedan producirse a causa de los daños causados al soporte de la canalización por el fuego.
□ Las prescripciones de este párrafo pueden verse satisfechas si:
– Las abrazaderas o los soportes se instalan a menos de 750 mm de la obturación y son capaces de soportar los esfuerzos mecánicos previsibles, tras el colapso de los soportes de la parte que están en contacto con el fuego, de forma que la deformación no se transmita a la obturación.
– O el diseño del sistema de obturación proporciona por sí mismo un soporte adecuado.

Influencias externas
Las prescripciones de obturación de los dos primeros párrafos deben resistir las influencias externas en el mismo grado que las canalizaciones correspondientes y además, las siguientes prescripciones:
■ Resistir a los productos de combustión en las mismas condiciones que los elementos constructivos en que están colocadas.
■ Poseer el mismo grado de protección contra la penetración del agua, prescrito para los elementos constructivos en los que están instalados.
■ Las obturaciones y canalizaciones deben estar protegidas contra las gotas de agua que puedan filtrarse a lo largo de la canalización o que puedan acumularse entorno a la obturación, a menos que los materiales utilizados sean resistentes a la humedad cuando están completamente ensamblados.

Condiciones de instalación
■ Durante la instalación de una canalización puede prescribirse una obturación temporal.
■ Cuando se efectúen modificaciones es conveniente restablecer la obturación lo antes posible.

Verificación y ensayos
■ Las disposiciones de obturación deben verificarse en un momento apropiado durante la instalación, de forma que se asegure que están de acuerdo con las instrucciones de instalación asociadas al ensayo de tipo de la IEC para el producto en cuestión.
■ No se exige ningún otro ensayo después de esta verificación.

Proximidad con otras canalizaciones

Proximidad con canalizaciones eléctricas

En una misma canalización no deberán situarse circuitos de bandas de tensión I y II, a no ser que se adopte uno de los siguientes métodos:

■ Que todos los cables estén aislados para la tensión más alta presente.

■ Que cada conductor de un cable multipolar esté aislado para la tensión más alta presente.

■ Que los cables estén instalados en una bandeja donde se proporcione una separación física por medio de una pantalla.

■ Que los conductores estén aislados para su tensión e instalados en un compartimiento separado de un sistema de compartimentos de un conducto de sección no circular o de un canal.

■ Que se utilice una conducción separada.

Para los sistemas de MBTS (SELV) y de MBTP (PELV) deben satisfacer los requisitos propios del sistema.

Nota: Pueden aplicarse consideraciones especiales de interferencias eléctricas, electromagnéticas y electrostáticas a circuitos de telecomunicaciones, de transmisión de información y similares.

Proximidad con canalizaciones no eléctricas

■ Las canalizaciones eléctricas no deben estar colocadas en la proximidad de canalizaciones que emanen calor, humo o vapor, que puedan perjudicar las canalizaciones eléctricas, a menos que estén protegidas por pantallas colocadas de forma que no obstaculice la evacuación de calor.

■ Cuando una canalización eléctrica se encuentra bajo canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones (como canalizaciones de agua, de vapor o de gas), deberán tomarse precauciones para proteger la canalización eléctrica de los efectos nocivos de las condensaciones.

■ Cuando las canalizaciones eléctricas estén instaladas en la proximidad de canalizaciones no eléctricas, deben estar colocadas de forma que cualquier intervención previsible sobre una canalización no pueda dañar el resto, y viceversa.

Nota: Esto puede realizarse mediante:
■ Un espacio apropiado entre canalizaciones.
■ La colocación de pantallas mecánicas o térmicas.

■ Cuando una canalización eléctrica está colocada en la proximidad inmediata de canalizaciones no eléctricas, deben cumplirse las dos siguientes condiciones:

□ Las canalizaciones deben estar convenientemente protegidas contra los peligros que puedan resultar de la presencia del resto de las canalizaciones en uso normal.

□ La protección contra contactos indirectos deben garantizarse según las prescripciones del apartado 2.1.3. “Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto”, página L/17, considerando las canalizaciones metálicas no eléctricas como elementos conductores.

Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza

■ A la hora de elegir e instalar las canalizaciones debe tenerse en cuenta la experiencia y los conocimientos de las personas susceptibles de asegurar el mantenimiento y el próximo capítulo de mantenimiento de esta obra.

■ Cuando sea necesario suprimir una medida de protección para efectuar operaciones de mantenimiento, deberán adoptarse disposiciones para que la medida de protección sea restablecida sin que se introduzca el grado de protección previsto originariamente.

■ Deben adoptarse disposiciones para garantizar una accesibilidad segura y adecuada a una canalización que pueda requerir operaciones de mantenimiento.

Nota: En algunas situaciones, puede ser necesario prever medios de acceso permanentes, como escaleras, accesos, etc.

Temperaturas máximas de los bornes en condiciones normales de servicio

■ Las temperaturas de los bornes resultan de la temperatura ambiente y del calentamiento en servicio normal.
Las normas de control de los productos fijan los valores límites convencionales de calentamiento en los ensayos de los productos pero no los de utilización en condiciones de servicio normal.
■ Las temperaturas de los bornes son consecuencia de las influencias térmicas de disipación de la aparamenta y los conductores, de las ambientales y del respeto de las condiciones de instalación y servicio.
■ La compatibilidad de la temperatura de los bornes, de los materiales, la de los aislantes de los conductores y los propios conductores se deben obtener con las disposiciones de instalación y puesta en servicio.

Advertencias	Recomendaciones
■ Medios que permiten limitar las temperaturas de los bornes en servicio o sus efectos.	Indicaciones sobre la elección permiten limitar las temperaturas de los bornes en servicio y sus efectos. Encontraremos en la elección de los medios apropiados en función de las condiciones locales de instalación, las posibilidades de realización, la naturaleza de los materiales.
■ Las temperaturas de los bornes pueden limitarse por una o varias de las siguientes disposiciones.	
■ Limitación del llenado de las envolventes (armarios, cofres, canaletas, conductos).	La limitación del llenado de las canaletas y los conductos es recomendable cuando un número elevado de circuitos inciden en un mismo cuadro o cofre: es entonces preferible prever varias canaletas o canalizaciones.
■ Espaciado de los materiales permitiendo una buena circulación de ventilación.	Un buen espaciado de materiales contiguos permite una mejor disipación de calor. Existe la referencia de las indicaciones de los constructores. Esta recomendación es particularmente interesante al momento de distribuir los materiales en un cuadro o cofret.
■ Repartición adecuada de los materiales facilitando la disipación en el interior de las envolventes.	Es recomendable disponer los materiales de forma que su disipación no perjudique los demás elementos de la aparamenta. Otras disposiciones tales como la colocación de pantallas o de deflectores pueden situarse en obra.
■ Ventilación natural o forzada o climatización de armarios, de cofres o locales.	Una ventilación forzada de los materiales puede ser necesaria para aplicaciones específicas, por ejemplo para garantizar la protección contra el polvo.

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Advertencias	Recomendaciones
■ Desclasificación de los materiales utilizando uno de rango superior.	La utilización de materiales que puedan soportar intensidades superiores con el fin de reducir las pérdidas que se transforman en calor.
■ Elección de materiales constitutivos de las envolventes, donde se instalan bornes, con una mayor conductividad térmica que los normalmente usados.	
■ Colocación de protectores de conductores en los bornes.	Se han de colocar protectores adecuados a los conductores para mantener el par de apriete sin perjudicar las propiedades térmicas de conductividad del conductor, tales como protectores elásticos o controles permanentes de mantenimiento e inspección.
■ Los efectos del calentamiento de los bornes en servicio normal pueden ser limitados por una o varias de las condiciones siguientes: □ Elección de aislantes compatibles con las temperaturas previsibles. □ Temperaturas límite según la IEC 20: – Caucho natural 60 ºC – PVC 70 ºC – XLPE, EPR 90 ºC – Caucho silicona 180 ºC – Caucho E.V.A. 110 ºC	Si utilizamos conductores con aislamientos con elastómeros en vez de termoplásticos podremos incrementar las temperaturas de los bornes. En un régimen permanente presuponemos que las sobreintensidades no son frecuentes y de duración limitada, si no podemos mantener esta suposición debemos calcular los incrementos de temperatura que suponen y reconsiderar los aislantes.
■ Elección de la sección de los conductores embornados, sección que puede ser superior durante una pequeña longitud adyacente al embornado. Las corrientes admisibles en los conductores, según la tabla L3-012, están previstas para una temperatura del alma capaz de soportar el aislante.	En puntos de conexión donde las secciones de los conductores son muy justos (térmicamente), por la aportación de calor de la aparamenta, podemos incrementar la sección del conductor o el tipo de aislamiento, en un tramo no muy largo (1 a 2 m), insertando otro borne.
■ Sustitución del aislamiento de los conductores por una cubierta más resistente a las temperaturas o sustitución de los conductores por otra con aislamiento más resistente a la temperatura, en una longitud apropiada.	Los conductores que soportan temperaturas de 110 ºC son recomendables para alimentar materiales que presentan temperaturas elevadas, tales como ciertas luminarias o aparatos de calefacción.

3.3. La aparamenta

ITC-BT-17-1-2/1-3
ITC-BT-19-2-7
ITC-BT-16-3
ITC-BT-22-1-2
(Nota 2)

3.3.1. Disposiciones comunes a toda la aparamenta

■ Los contactos móviles de todos los polos de los aparatos multipolares deben estar acoplados mecánicamente y solidarios al movimiento de abierto y cerrado, los contactos destinados al circuito neutro pueden abrirse después y cerrarse antes.

■ En los circuitos polifásicos, los dispositivos unipolares no deben ser instalados en el circuito del neutro. En excepción de los elementos seccionadores autorizados en el apartado “Dispositivos de seccionamiento”, página L/132 y los instalados aguas abajo de un dispositivo de desconexión por corriente diferencial-residual, según el apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17.

■ Los dispositivos que atienden a varias funciones deben cumplir todos los requisitos propios de cada función.

3.3.2. Dispositivos de protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación

Dispositivos de protección en base a máximos de intensidad

■ Para redes en régimen TN.

Los dispositivos de protección contra las sobreintensidades, aplicables a circuitos de régimen TN, deben elegirse e instalarse de conformidad a las condiciones establecidas en los apartados B “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, página L/56, C “Disposiciones según la naturaleza de los circuitos”, página L/57 y “Elección de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos”, página L/127, y satisfacer las prescripciones del apartado “Esquema TN”, la parte de características de los dispositivos de protección, página L/23.

■ Para redes en régimen IT.

Al estar las masas interconectadas, los dispositivos de protección, al segundo defecto, contra las sobreintensidades, deben ser elegidos según el párrafo anterior (“Para redes en régimen TN”).

Dispositivos de protección a corriente diferencial-residual

Condiciones generales de instalación

Ver capítulo G, apartado 7., página G/213 “Características de los interruptores diferenciales DDR” del 2.° Volumen. Ver capítulo G, apartado 4.3., página G/84 “Descripción de una gama de interruptores diferenciales” del 2.° Volumen.

■ Los dispositivos de protección a corriente diferencial-residual en circuitos de CC deben ser adecuados para la detección de fugas en CC y al corte de las intensidades del circuito en condiciones normales y en condición de defecto.

■ Los dispositivos de protección a corriente diferencial-residual deben asegurar el corte de todos los conductores activos del circuito.

En circuitos TN-S el conductor neutro no debe ser cortado si las condiciones de alimentación son tales que el conductor neutro se puede considerar al mismo potencial de tierra.

Ningún conductor de protección puede deslizarse por el interior del circuito magnético de detección del desequilibrio de las intensidades (núcleo toroidal).

■ Los dispositivos de protección a corriente diferencial-residual no deben desconectar por la suma de las corrientes de fuga normales en funcionamiento normal, obligando en muchos casos a la subdivisión de los circuitos de alimentación para no superar o igualar con las corrientes de fuga en funcionamiento normal el 50% del umbral de desconexión del dispositivo.

■ La utilización de dispositivos de protección de corriente difrencial-residual en circuitos sin conductor de protección no deben considerarse medidas de protección suficientes contra los contactos indirectos a no ser que el umbral de desconexión sea como máximo de 30 mA.

Influencia de las componentes continuas

Ver capítulo G, página G/217 “Comportamiento de los interruptores diferenciales frente a las componentes continuas” del 2.° Volumen.
En estudio por la IEC.

Elección de los dispositivos según la forma de funcionamiento

■ La utilización de dispositivos de corriente diferencial-residual con fuente auxiliar de alimentación y que no abran automáticamente en caso de fallo de la fuente, no son autorizados a ser instalados a no ser que cumplan una de las dos siguientes condiciones:
□ La protección contra los contactos indirectos de conformidad al apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17, es asegurado incluso con fallo de la fuente auxiliar de alimentación.
□ Los dispositivos están instalados en instalaciones explotadas, ensayadas y verificadas por personas advertidas (BA4) o cualificadas (BA5).
■ Esquema TN.
Ver capítulo G, página G/146 “Casos donde la impedancia del bucle es particularmente elevada” del 2.° Volumen.
Cuando en redes de régimen TN no se pueden cumplir todos los requisitos propios del sistema (generalmente los valores de las impedancias de los circuitos), podemos instalar interruptores diferenciales-residuales en los que las masas aguas abajo no deben ser conectadas al conductor de protección del régimen TN sino a una puesta de tierra propia para ellas, convirtiendo esta parte de la instalación en un régimen TT o IT y por tanto adaptado a las prescripciones propias del régimen.
Si no es posible una toma de tierra propia eléctricamente diferente, las masas se han de conectar al conductor de protección, aguas arriba del interruptor a corriente diferencial-residual.
■ Esquema TT.
Ver capítulo G, apartado 4.1., página G/81 “Medidas de protección” del 2.° Volumen.
Si una instalación es protegida solamente por un interruptor a corriente diferencial-residual, éste debe emplazarse al origen de la instalación, a no ser que la parte de instalación desde el origen hasta el emplazamiento del interruptor a corriente diferencial-residual esté realizada con materiales de clase II o por aislamiento equivalente (doble aislamiento).
En el caso que en una instalación podamos considerar varios orígenes, esta prescripción se aplica a cada uno de ellos.
■ Esquema IT.
Ver capítulo G, apartado 6.2., página G/150 “Protección contra los contactos indirectos” del 2.° Volumen.
En el caso que la protección es asegurada por un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual, y si no existe controlador de aislamiento con aviso al primer defecto, el umbral de no desconexión del dispositivo ha de ser igual a la corriente fe fuga al primer defecto.

Controladores de aislamiento

Es un dispositivo que vigila permanentemente el aislamiento de una instalación eléctrica. Destinado a indicar toda degradación importante del aislamiento de la instalación con el fin de encontrar la causa de la degradación y poder restituir el aislamiento normal antes de un corte de la instalación.

De conformidad con las especificaciones del apartado “Esquema IT”, página L/21.
Los controladores de aislamiento deben ser concebidos o instalados de forma que no se pueda variar su regulación sin necesidad de un útil o una llave.
Ver capítulo G, apartado 6.6, página G/158 “Materiales para el control permanente del aislamiento. Sistema Vigilohm” del 2.° Volumen.

3.3.3. Dispositivos de protección contra los efectos térmicos

En estudio por la IEC.

3.3.4. Dispositivos de protección contra las sobreintensidades

■ Las bases de los cortacircuitos a conexión por rosca deben conectarse de forma que el contacto central se encuentre al lado del origen de la instalación.
■ Las bases de los cortacircuitos a cuchilla deben instalarse de forma que cualquier manipulación de los cartuchos no pueda establecer contacto con las partes conductoras de las bases adyacentes.
■ Los fusibles donde los elementos de sustitución (cartuchos) sean susceptibles de ser quitados o sustituidos por personas que no sean advertidas (BA4) o cualificadas (BA5), deben ser de un modelo que cumpla las condiciones de la IEC 60269-3.
Los fusibles donde los elementos de sustitución (cartuchos) sean susceptibles de ser quitados o sustituidos sólo por personas advertidas (BA4) o cualificadas (BA5), deben ser de tal forma que cualquier manipulación de los cartuchos no pueda establecer contacto con las partes conductoras de las bases adyacentes.
■ Los interruptores automáticos que sean susceptibles de ser manipulados por personas no advertidas (BA4) o no cualificadas (BA5), deben ser concebidos o instalados de tal forma que no sea posible modificar la regulación de los relés de sobreintensidad sin una acción voluntaria utilizando un útil o una llave, y atendiendo trazas visibles para la regulación.
Ver capítulo H2, apartado 3, página H2/41 “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades” del 2.° Volumen.

Elección de los dispositivos de protección contra las sobrecargas

La corriente nominal del dispositivo de protección debe ser elegida de conformidad al apartado “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, página L/47.

Nota: En ciertos casos, para evitar desconexiones intempestivas, los valores de las corrientes de cresta deben tenerse en consideración.

En el caso de cargas cíclicas (intermitentes repetitivas), los valores de I_n y de I_2 deben ser elegidos sobre la base de los valores de I_B y de I_z por cargas constantes térmicamente equivalentes.

Donde:
I_B es la corriente de empleo de la canalización.
I_z es la corriente admisible de la canalización.
I_n es la corriente nominal del dispositivo de protección.
I_2 es la corriente efectiva que asegura la actuación del dispositivo de protección.
Ver capítulo H2, apartado 3.2., página H2/41 “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades”. Ver capítulo H2, apartado 3.5., página H2/207 “Elección de los interruptores automáticos” del 2.° Volumen.

Elección de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos

■ La aplicación de las reglas del apartado 2.3. “Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades”, página L/45, para las corrientes de cortocir-

cuitos de duración inferior o igual a 5 segundos deben tener en consideración las condiciones máximas y mínimas del cortocircuito.

■ Puesto que las normas específicas para los interruptores automáticos definen un poder de corte asignado en servicio y un poder de corte asignado último, se admite elegir un dispositivo de poder de corte último para las condiciones de cortocircuito máximas.

■ Las condiciones de funcionamiento de la instalación pueden justificar la elección de un dispositivo de desconexión para un poder de corte en servicio, por ejemplo para el interruptor automático general emplazado en el origen de la instalación.

■ Características tiempo intensidad:

□ La curva de características tiempo intensidad debe ser inferior en energía a la característica de energía térmica capaz de soportar por la canalización.

□ Para tiempos de funcionamiento inferiores a 0,1 s, la curva admisible I^2t por los conductores debe ser superior a la curva de la energía (I^2t) que el interruptor automático deja pasar aguas abajo.

□ Los valores de k dados en el apartado “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, página L/47, se refieren a tiempos de actuación no superiores a 5 segundos y también se pueden aplicar para conductores de secciones inferiores a 10 mm^2.

Ver capítulo H2, apartado 3.3., página H2/139 “Regulación de los interruptores automáticos magnéticos o electrónicos” del 2.° Volumen.

En el 2.° Volumen, capítulo H1, apartado 3.4. “Principios de la protección de los circuitos contra las sobreintensidades”, página H1|134, se encuentran las instrucciones de cálculo de las protecciones. En el apartado 3.2.3. “Determinación de la sección en función de las corrientes de cortocircuito”, página H1|88, y en especial el apartado “Casos particulares en que es necesario realizar el cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima”, página H1|99, se encuentran las formas de atender estas prescripciones.

■ Verificación de las dificultades térmicas a que se somete la canalización.

La verificación de las dificultades térmicas se realiza como sigue:

□ Cuando la protección es asegurada por un interruptor automático, la energía que deja pasar aguas abajo (I^2t) no debe superar (K^2S^2).

La corriente a tomar en consideración es la corriente de cortocircuito máxima al origen de la canalización a proteger, por ejemplo:

– La corriente de cortocircuito trifásica en los circuitos trifásicos.

– La corriente de cortocircuito bifásico en un circuito monofásico sin distribución de neutro, entre fases.

– La corriente de cortocircuito monofásica, en un circuito monofásico con neutro distribuido, entre fase y neutro.

En el caso que las características de desconexión del interruptor automático no sean retardadas, no es necesario controlar los efectos térmicos en los conductores activos protegidos.

Las corrientes de cortocircuito son calculadas para determinar el poder de corte de la aparamenta en cada punto de la instalación.

Debemos controlar que como mínimo la corriente de cortocircuito mínima sea, por lo menos, igual a la corriente de desconexión instantánea del interruptor automático.

□ Cuando la protección es asegurada por fusibles, solamente el tiempo t de funcionamiento correspondiente a la corriente de cortocircuito en el punto más alejado de la canalización se debe tener en consideración.

La corriente mínima a tener en consideración será:

– La corriente de cortocircuito entre fase y neutro si el neutro está distribuido.
– La corriente de cortocircuito entre fases si el neutro no está distribuido.
Ver capítulo H1, apartado 3.2.3., página H1/88 “Determinación de la sección en función de la corriente de cortocircuito” del 2.° Volumen. Ver capítulo H2, apartado 3.7., página H2/226 “Los interruptores automáticos y las canalizaciones prefabricadas” del 2.° Volumen.

3.3.5. Dispositivos de protección contra las sobretensiones

■ De conformidad con las especificaciones del apartado 2.4. “Las medidas de protección contra las sobretensiones”, página L/59, los descargadores de sobretensiones deben estar instalados en la proximidad del origen de la instalación o en los cuadros generales de distribución, lo más cerca posible de la entrada de la alimentación.

Notas:
■ En ciertos casos y con el fin de obtener una protección total de la instalación, descargadores de sobretensiones complementarios, que no son considerados en este párrafo, pueden ser necesarios.
■ Los descargadores de sobretensiones situados en cualquier otro punto de la instalación pueden garantizar una protección suficiente.

■ De conformidad con las especificaciones del apartado 2.4. “Las medidas de protección contra las sobretensiones”, página L/59, los descargadores de sobretensiones deben instalarse:
□ Si el conductor neutro está unido a la tierra en el origen de la instalación o en su proximidad, o si el conductor neutro no se distribuye:
– Entre cada conductor de fase no unido a la tierra y el borne principal de tierra, o bien al conductor principal de tierra, pero siempre por el camino más corto.
□ Si el conductor neutro no está unido a tierra en el origen de la instalación o en su proximidad:
– Entre cada conductor de fase y bien sea el borne principal de tierra o el conductor principal de protección.
– Entre el conductor neutro y bien sea el borne principal de tierra o el conductor principal de protección, pero siempre por el camino mas corto (en opción ver Fig. L3-023).
Ver capítulo H2, apartado 4, página H2/249 “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones” del 2.° Volumen.

Nota:
■ Si un conductor de fase es unido a la tierra, se le considera como equivalente a un conductor neutro.
■ En los esquemas TT y TN, esta exigencia no excluye una protección complementaria del tipo de corriente diferencial-residual.

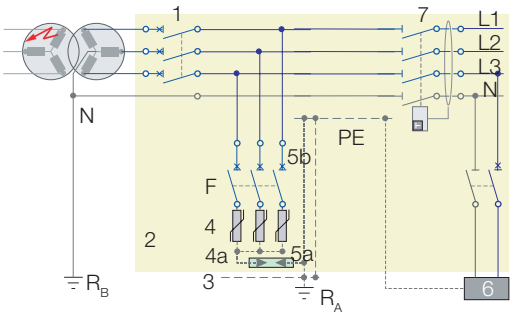
ITC-BT-23

Elección de los descargadores de sobretensiones

Ver capítulo H2, apartado 4.1., página H2/249 “Elección de las protecciones” del 2.° Volumen.
■ La tensión máxima en régimen permanente U_c de un desconectador de sobretensiones no debe ser inferior a la tensión máxima correspondiente en régimen permanente entre sus bornes:
□ En los esquemas TT descritos en la Fig. L3-024, U_c debe ser por lo menos igual a 1,5 U_0.
□ En los esquemas TN, Fig. L3-019 y TT descritos en la Fig. L3-023, U_c debe ser por lo menos igual a 1,5 U_0.
□ En el esquema IT, U_c debe ser por lo menos igual a la tensión entre fases U.

Nota:
■ U_0 es la tensión entre fase y neutro.
■ En los esquema IT, pueden ser necesarios valores más elevados de U_c.

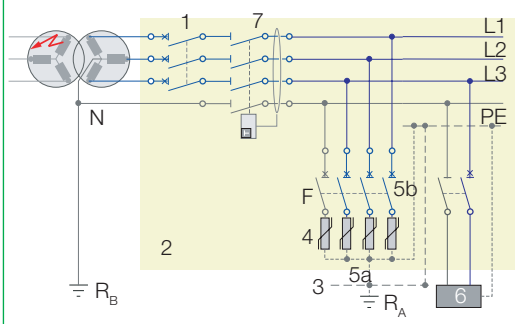
■ Instalación de descargadores de sobretensión en esquema TT:



1 Origen de la instalación.
2 Cuadro de distribución.
3 Borne principal de tierra.
4 Descargador de sobretensiones.
5 Puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.
6 Material a proteger.
7 Dispositivo a corriente diferencial-residual (DDR).
F Dispositivo de protección del PRD, según instrucciones del constructor del desconectador de sobretensiones.
R_A Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la instalación.
R_B Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la alimentación.

Fig. L3-023: *instalación de descargadores de sobretensiones en régimen TT con descargadores de sobretensión y DDR aguas abajo.*

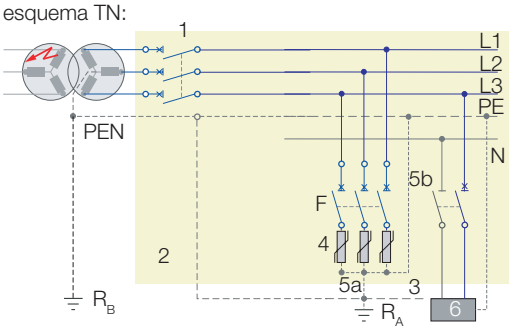
■ Instalación de descargadores de sobretensión en esquema TT:



1 Origen de la instalación.
2 Cuadro de distribución.
3 Borne principal de tierra.
4 Desconectadores de sobretensiones.
4a Desconectador de sobretensiones de conformidad a IEC 61643-1 e IEC 61643-2.
5 Puesta a tierra de descargadores de sobretensiones.
6 Material a proteger.
7 Dispositivos de corriente diferencial-residual (DDR) situados aguas arriba o abajo del juego de barras.
F Dispositivo de protección del PRD según instrucciones del constructor del desconectador de sobretensiones.
R_A Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la instalación.
R_B Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la alimentación.

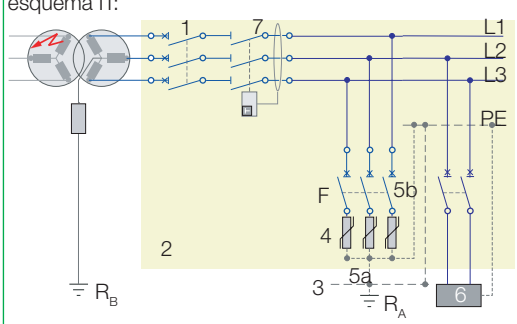
Fig. L3-024: *instalacion de descargadores de sobretensiones en régimen TT con descargadores de sobretensión y DDR aguas arriba.*

■ Instalación de descargadores de sobretensión en esquema TN:



1 Origen de la instalación.
2 Cuadro de distribución.
3 Borne principal de tierra.
4 Descargador de sobretensiones.
5 Puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones 5a o 5b.
6 Material a proteger.
F Dispositivo de protección del PRD, según instrucciones del constructor del desconectador de sobretensiones.
R_A Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la instalación.

■ Instalación de descargadores de sobretensión en esquema IT:



1 Origen de la instalación.
2 Cuadro de distribución.
3 Borne principal de tierra.
4 Desconectadores de sobretensiones.
4a Desconectador de sobretensiones de conformidad a IEC 61643-1 e IEC 61643-2.
5 Puesta a tierra de descargadores de sobretensiones 5a o 5b.
6 Material a proteger.
7 Dispositivos de corriente diferencial-residual (DDR).
F Dispositivo de protección del PRD, según instruccio-

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

R_B Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la alimentación.

Fig. L3-025: *instalación de descargadores de sobretensiones en régimen TN.*

nes del constructor del desconectador de sobretensiones.
R_A Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la instalación.
R_B Toma de tierra (resistencia puesta a tierra) de la alimentación.

Fig. L3-026: *instalacion de descargadores de sobretensiones en régimen IT con descargadores de sobretensión aguas abajo de un DDR.*

■ Los descargadores de sobretensiones y sus protecciones deben soportar sin degradarse las sobretensiones transitorias de conformidad al apartado 2.4. “Las medidas de protección contra las sobretensiones”, página L/59.
■ Los descargadores de sobretensiones deben ser de conformidad a la norma IEC 61643-1, y de las informaciones complementarias de la IEC 61643-2 (en redacción).
■ Si el desconectador de sobretensiones está instalado al origen de una instalación eléctrica, alimentada por una red pública, su corriente asignada no debe ser inferior a 5 kA.

Notas:
■ En función del nivel Ceáunico de la zona puede ser necesario un valor superior.
■ En presencia de un pararrayos atmosférico en el edificio, la corriente asignada de descarga será notablemente más elevada y le corresponderá una intensidad de descarga nominal más elevada. Para más información ver la IEC 61643-2.

■ El nivel de protección del descargador de sobretensiones debe elegirse de conformidad al apartado “Clasificación en categorías de las formas de combatir las sobretensiones”, página L/65.

Notas:
■ Es necesario tener en consideración el nivel de resistencia a las sobretensiones de los materiales afectados.
■ Puede ser necesaria la instalación de descargadores de sobretensiones complementarios, emplazados aguas abajo del principal para la protección de materiales muy sensibles a las sobretensiones.

■ La posible presencia de varios descargadores de sobretensiones en cascada, en una instalación debe tomarse en consideración.
Ver capítulo H2, apartado 6.5.3., página H2/185 “La instalación en cascada de los limitadores de sobretensiones transitorias” del 2.° Volumen.
Los constructores de los descargadores de sobretensiones deben indicar, en sus documentaciones, las medidas a tomar para facilitar la coordinación. En particular para los descargadores de sobretensiones de un nivel de protección diferente al del descargador de sobretensiones del inicio de la instalación eléctrica, y destinado a proteger elementos muy sensibles, tales como los equipos electrónicos.
■ Los descargadores de sobretensiones deben instalarse de conformidad con las instrucciones del fabricante y de forma que todo riesgo de incendio o explosión, por una sobrecarga, sea evitado (ver el apartado “Eleccción de las medidas de protección contra incendios en función de las medidas externas”, página L/37).
Los descargadores de sobretensiones no deben ser instalados en los locales de clases BE2 o BE3, sin medios de protección adecuados.
■ A fin de evitar posibles restricciones de disponibilidad, se deben prever protecciones para los descargadores de sobretensiones contra la sobreintensidades y corrientes de fuga, a excepción en los que los fabricantes los hayan incorporado e indiquen que no son necesarios.
■ La protección contra los contactos indirectos especificados en el apartado 2.1. “Las medidas de protección contra los choques eléctricos”, página L/11, deben ser efectivas incluso con destrucción de los descargadores de sobretensión:

□ En esquema TN esta prescripción se puede cumplir con dispositivos de protección contra sobreintensidades aguas arriba del descargador de sobretensiones.
□ En esquema TT esta prescripción se puede cumplir con dispositivos de protección contra sobreintensidades o de corriente diferencial-residual aguas arriba del desconectador de sobretensiones.
Ver capítulo H2, página H2/257 “Elección del interruptor automático de acompañamiento” del 2.° Volumen.
■ Si un desconectador de sobretensiones es instalado de conformidad con las especificaciones del apartado 2.4. “Las medidas de protección contra las sobretensiones”, página L/59, y aguas abajo de un dispositivo diferencial-residual, un DDR de tipo S, éste debe ser capaz de soportar las corrientes de choque de por lo menos de 3 kA (8/20 μs).
■ Si en el edificio existe un pararrayos para descargas atmosféricas, los descargadores de sobretensiones deben cumplir unas prescripciones especiales definidas en las normas de construcción IEC 62024-1 e IEC 61312-1.
■ Si un descargador de sobretensiones ha dejado de cumplir sus funciones por destrucción, se debe instalar una señalización que indique el fin de su vida por medio de una señal luminosa, acústica o por señalización del propio dispositivo de protección.
■ A fin de asegurar una protección óptima contra las sobretensiones, todos los conductores de conexión del descargador de sobretensiones deben ser lo más cortos posible (preferiblemente que no excedan de 0,5 m en total).
■ Los conductores de puesta a tierra de los desconectadores de sobretensiones deben ser de una sección mínima de 4 mm^2 en cobre.

3.3.6. Dispositivos de protección contra las bajadas de tensión

Ejemplos de dispositivos de protección contra las bajadas de tensión son:
■ Los relés de baja tensión o las bobinas de desconexión acopladas a un interruptor o a un interruptor automático.
■ Los contactores sin bloqueo.
Ver capítulo J, apartado 9.1.2., página J/490 “Relé de control de tensión RCU” del 3.er Volumen.

3.3.7. Dispositivos de seccionamiento y mando

Todo dispositivo de seccionamiento y mando deberá cumplir con las especificaciones de los apartados de “Seccionamiento”, página L/73, “Corte por mantenimiento mecánico”, página L/74, “Corte y parada de emergencia”, página L/74 y “Mando funcional” página L/74.
Si un dispositivo se utiliza para más de una función, deberá cumplir las especificaciones de cada una.

Nota: En ciertos casos, pueden ser necesarias disposiciones especiales para funciones combinadas.

Dispositivos de seccionamiento:

■ Los dispositivos de seccionamiento deberán aislar de forma efectiva todos los conductores activos de alimentación del circuito correspondiente.
Ver capítulo H2, apartado 7, página H2/309 “La aparamenta para las medidas de seguridad en el seccionamiento y mando” del 2.° Volumen.

Nota: A excepción de los circuitos TN-C y TN-S, cuyas especificaciones están en la página L/73.

■ Los dispositivos de seccionamiento deben cumplir las siguientes prescripciones:
a) Soportar a la adquisición en estado limpio, seco y en posición de abierto, una tensión de choque entre los bornes de cada polo, según la tabla adjunta L3-027.
Ver capítulo H2, apartado 7.2., página H2/310 “Aparamenta para el seccionamiento y mando” del 2.° Volumen.
□ Tensión soportada de choque en función de la tensión nominal:

Tensión nominal de instalación		Tensión soportada de choque (kV) para los dispositivos de seccionamiento	
Redes trifásicas (V)	Redes monofásicas con punto medio (V)	Categorías de sobretensiones III	Categoría de sobretensiones IV
230/400, 277/480	120 - 240	3	5
400/690,		5**	8**
577/1.000*		8	10

* Según la norma IEC 60038 y la tabla L3-021, página L/118.
** Véase la tabla L2-025, página L/131.

Tabla L3-027: *tensiones soportadas de choque en función de la tensión nominal.*

Notas:
■ Bajo el punto de vista de las sobretensiones transitorias de origen atmosférico, no se hace ninguna distinción entre instalaciones puestas a tierra y aquellas que no lo están.
■ Las tensiones soportadas al choque se refieren a una altitud de 2.000 m.

b) Tener una corriente de fuga a través de los polos abiertos no superior a:
□ 0,5 mA por polo en estado nuevo y en condiciones de limpio y seco.
□ 6 mA por polo al final de la duración de vida convencional del dispositivo, determinada por la norma correspondiente.
Cuando se ensaya, entre polos, con una tensión del 110% de la tensión nominal entre fase y neutro de la instalación. Cuando el ensayo se realiza en (CC), el valor de la tensión continua debe ser igual al valor eficaz de la tensión de ensayo en (CA).
■ La distancia de apertura entre contactos abiertos del dispositivo deberá ser visible o estar indicada de forma clara y fiable por las marcas “Desconectado” o “Abierto”. Tal indicación sólo deberá aparecer cuando se haya alcanzado plenamente la distancia de apertura entre los contactos abiertos de cada polo del dispositivo.

Nota: El marcado indicado puede realizarse mediante los símbolos “O” y “T” que indican respectivamente las posiciones abiertas y cerradas cuando la utilización de estos símbolos está admitida por la norma correspondiente del material.

■ No deberán utilizarse para el seccionamiento dispositivos semiconductores.
■ Los dispositivos de seccionamiento deberán estar diseñados y/o instalados de forma que se impida su cierre voluntario.

Nota: Tal cierre podría ser ocasionado, por ejemplo, por choques o vibraciones.

■ Deberán tomarse precauciones para proteger los dispositivos de seccionamiento sin carga contra la apertura involuntaria o no autorizada.

Nota: Esto puede lograrse instalando el dispositivo en un espacio o recinto que pueda cerrarse bajo llave o candado. Alternativamente, el dispositivo sin carga puede ser enclavado con otro de desconexión en carga.

■ El seccionamiento deberá efectuarse preferentemente por medio de un dispositivo de corte multipolar, que desconecte todos los polos de la alimentación de que se trate, aunque no se excluyan los dispositivos de corte unipolar instalados contiguos entre sí.

Nota: El seccionamiento se puede lograr, por ejemplo, por medio de:
■ Seccionadores, interruptores-seccionadores, multipolares o unipolares.
■ Clavijas y bases de tomas de corriente.
■ Elementos fusibles.
■ Puentes.
■ Bornes especiales que no requieran el desplazamiento del conductor.

■ Todos los dispositivos utilizados para el seccionamiento deberán ser identificados claramente, por ejemplo con marcas, para indicar el circuito que seccionan.

Dispositivos de seccionamiento para el mantenimiento mecánico

■ Los dispositivos de seccionamiento para el mantenimiento mecánico deberán ser colocados preferentemente en el circuito principal de alimentación.
Cuando se utilicen interruptores para esta función, éstos deberán ser capaces de desconectar la corriente a plena carga de la correspondiente de la instalación. No es preciso interrumpir necesariamente todos los conductores activos.
■ La interrupción de un circuito de mando sólo se permitirá cuando:
□ Las seguridades suplementarias, tales como enclavamientos mecánicos.
□ Los requisitos de una especificación de la IEC para los dispositivos de mando utilizados proporcionen una condición equivalente al corte directo de la alimentación principal.
Ver capítulo H1, página H1/207 “Corte por mantenimiento mecánico” del 2.° Volumen.

Nota: El seccionamiento se puede lograr, por ejemplo, por medio de:
■ Seccionadores, interruptores-seccionadores, multipolares o unipolares.
■ Clavijas y bases de tomas de corriente.
■ Elementos fusibles.
■ Puentes.
■ Bornes especiales que no requieran el desplazamiento del conductor.

■ Los dispositivos de seccionamiento para el mantenimiento mecánico o los auxiliares de mando para tales dispositivos serán de accionamiento manual.
La separación entre los contactos abiertos del dispositivo deberá ser visible, o estar indicadas clara y fiablemente por las marcas “Desconectado” o “Abierto”. Tal indicación deberá aparecer solamente cuando se haya alcanzado la posición “Desconectado” o “Abierto” en cada polo del dispositivo.

Nota: El marcado indicado en este apartado puede realizarse mediante los símbolos “O” y “T” que indican respectivamente las posiciones abiertas y cerradas cuando la utilización de estos símbolos está admitida por la norma correspondiente del material.

■ Los dispositivos de seccionamiento deberán estar diseñados y/o instalados de forma que se impida su cierre voluntario.

Nota: Tal cierre podría ser ocasionado, por ejemplo, por choques o vibraciones.

■ Los dispositivos de seccionamiento para el mantenimiento mecánico deberán estar situados y marcados de forma que sean fácilmente identificables y apropiados para el uso al que están destinados.

Dispositivos de corte de emergencia (incluida la parada de emergencia)

■ Los dispositivos para garantizar el corte de emergencia deberán ser capaces de interrumpir la corriente a plena carga de las partes correspondientes de la instalación, teniendo en cuenta las corrientes al freno si procede.
■ Los medios para el corte de emergencia pueden consistir en:
□ Un dispositivo de corte capaz de interrumpir la alimentación apropiada.
□ Una combinación de aparatos activados por un solo mando, con el propósito de interrumpir la alimentación apropiada.
Las clavijas y bases de tomas de corriente no deben ser utilizadas para asegurar el corte de emergencia.
Para la parada de emergencia, puede ser necesario mantener la alimentación, por ejemplo, para el frenado de las partes móviles.

Nota: El corte de emergencia puede lograrse, por ejemplo, por medio de:
■ Interruptores en el circuito principal.
■ Botones-pulsadores y análogos en el circuito de control auxiliar.

■ Para la interrupción directa del circuito principal (practicable cuando sea posible), deberán seleccionarse dispositivos de corte de accionamiento manual.
Los interruptores automáticos, contactores, etc., accionados por mando a distancia deberán abrirse al cortarse la alimentación de las bobinas, o deberán emplearse otras técnicas que presenten una seguridad equivalente.
■ Los medios de seccionamiento deberán ser fácilmente accesibles en lugares con posibilidades de peligro y, si procede, en cualquier posición adicional alejada desde la que se pueda eliminar dicho peligro.
■ Los medios de accionamiento de un dispositivo de corte de emergencia deberán ser enclavados o inmovilizados en la posición de "Desconectado" o "Parado", a menos que tanto los medios de accionamiento para el corte de emergencia como su realimentación estén bajo el control de la misma persona.
El desenganche de un dispositivo de corte de emergencia, incluida la parada de emergencia, deberán situarse y marcarse de forma que sean fácilmente identificables y apropiados al uso que están destinados.
Ver capítulo H1, página H1/208 "Corte y parada de emergencia". Ver capítulo H2, página H2/335 "Interruptor de paro de emergencia o de seguridad" del 2.° Volumen. Ver capítulo J, apartado 4, página J/123 "Aparamenta de mando" del 3.er Volumen.

Dispositivos de mando funcional

■ Los dispositivos de mando funcional deberán ser los adecuados para las condiciones más desfavorables a las que pueden estar sometidos.
■ Los dispositivos de mando funcional pueden interrumpir la corriente sin necesidad de que se abran los polos correspondientes.
Ver capítulo H1, página H1/208 "Mando funcional" del 2.° Volumen.

Notas:
■ Los dispositivos de mando con semiconductores son ejemplos de dispositivos capaces de interrumpir la corriente del circuito pero sin abrir los polos correspondientes.
■ El mando funcional puede lograrse, por ejemplo, por medio de:
□ Interruptores.
□ Dispositivos con semiconductores.
□ Interruptores automáticos.
□ Contactores.
□ Telerruptores.
□ Clavijas y bases de toma de corriente de hasta 16 A.

■ Para el mando funcional no deberán utilizarse seccionadores, fusibles y puentes.

3.3.8. Coordinación entre los diferentes dispositivos de protección

Selectividad entre dispositivos de protección contra las sobreintensidades

En estudio por la IEC.
Ver capítulo H2, apartado 4, página H2/48 "Coordinación entre interruptores" del 2.° Volumen.

Asociación entre dispositivos de protección a corriente diferencial-residual y de dispositivo de protección contra sobreintensidades

■ Cuando un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual es incorporado o combinado con un dispositivo de protección contra sobreintensidades, las características del ensamblaje del dispositivo (poder de corte, características

de funcionamiento en función de la corriente asignada) deben satisfacer las prescripciones de los apartados “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, página L/47 y “Protección contra las corrientes de cortocircuito”, página L/47, así como las instrucciones del apartado de la “Elección de los dispositivos de protección contra las sobrecargas”, página L/51 y el de “Elección de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos”, página L/51.

■ Puesto que la función propia de un dispositivo de corriente diferencial residual no comporta la protección contra las sobreintensidades:

□ La protección contra las sobreintensidades debe asegurarla un dispositivo de protección apropiada según las prescripciones del apartado “Aplicación de las medidas de protección contra las sobreintensidades”, página L/51.

□ El dispositivo de protección a corriente diferencial-residual debe poder soportar, sin perjuicio de sus prestaciones y características térmicas y mecánicas, el paso de las corrientes de cortocircuito producidas aguas abajo.

□ El dispositivo de protección a corriente diferencial-residual no debe sufrir ninguna alteración en sus características en caso de un cortocircuito aguas abajo por aparecer un desequilibrio o una fuga a tierra.

■ Los inconvenientes mencionados dependen de la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación y de las características de funcionamiento del dispositivo que asegura la protección a los cortocircuitos.

ITC-BT-243-5/4-1-2
ITC-BT-25-2-1

Selectividad entre dispositivos de protección a corriente diferencial residual

■ Una selectividad entre dispositivos a protección diferencial-residual dispuesta en serie puede ser empleada por razones de la explotación. Debe procurar la máxima probabilidad de funcionamiento de la explotación desconectando sólo la mínima parte de instalación afectada, o sea a partir del dispositivo de protección aguas arriba más próximo.

■ Para asegurar la selectividad de dos dispositivos de corriente diferencial-residual en serie, estos dispositivos deben poder cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

□ El tramo de no funcionamiento de la característica de tiempo corriente del interruptor situado aguas arriba, no debe coincidir con el tramo de desconexión de la característica tiempo corriente del interruptor aguas abajo.

□ El umbral de funcionamiento de la corriente diferencial-residual, asignada al dispositivo de protección situado aguas arriba, debe ser superior al de aguas abajo.

□ Cada uno de los dos umbrales deben garantizar la protección a los contactos indirectos.

■ Selectividad a dos niveles se realizan utilizando interruptores a corriente diferencial-residual normales y de tipo S, descritos en la CEE 1008.

Los interruptores situados aguas arriba son del tipo S con umbrales $\geqslant$ 300 mA y los situados aguas abajo del tipo normal $\leqslant$100 mA.

■ Selectividad a tres niveles en base a las condiciones a dos niveles, el tercer nivel aguas arriba de los de dos niveles deberá cumplir las condiciones de construcción de la IEC 1008 o IEC 947-2 y las prescripciones del apartado 2.1.3. “Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto”, página L/17.

El interruptor situado aguas arriba de los otros dos es un dispositivo a retardo definido con un umbral de funcionamiento de 1 A.

■ Para los dispositivos de protección a corriente diferencial residual, construidos de conformidad a las normas IEC 1008 e IEC 1009, el umbral de desconexión de la corriente diferencial-residual del interruptor situado aguas arriba debe ser igual a tres veces el del interruptor situado aguas abajo.

Ver capítulo G, apartado 4.4., página G/97 “Coordinación de las protecciones diferenciales”. Ver capítulo G, página G/98 “Selectividad total a 2 niveles. Selectividad total a 3 o 4 niveles” del 2.° Volumen.

ITC-BT-18

3.4. Materiales eléctricos para las puestas a tierra y conductores de protección

El valor de las resistencias de las tomas de tierra deben tener el valor adecuado para permitir el cumplimiento de las condiciones de protección o de servicio de una instalación eléctrica.
Ver capítulo F, apartado 5, página F/87 “La realización y medida de las puestas a tierra” del 1.er Volumen. Ver capítulo F, página F/264 “La red equipotencial de un edificio” del 1.er Volumen.

ITC-BT-18-3

3.4.1. Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de tipo general

Uniones a tierra

Puestas a tierra

■ Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.

■ La elección e instalación de los materiales que aseguran la puesta a tierra deben ser tales que:

ITC-BT-18-3-1

□ El valor de la resistencia de puesta a tierra permita cumplir las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga constantemente en sus parámetros.

□ Las corrientes de defecto a tierra y las de fuga puedan circular sin peligro, particularmente bajo el punto de vista de las solicitaciones térmicas, termomecánicas y electromecánicas.

□ La solidez o la protección mecánica sea asegurada en función de las condiciones estimadas de influencias externas.

■ Deben tomarse precauciones contra los riesgos de daños a otras partes metálicas, como consecuencia de los efectos de electrólisis.

Tomas de tierra

■ Pueden utilizarse diferentes materiales:

□ Picas o tubos.

□ Cintas o hilos.

□ Placas.

□ Mallas en el fondo de zanjas.

□ Armaduras de hormigón enterradas.

Nota: Deben tomarse precauciones especiales cuando la construcción esté formada con armaduras de hormigón pretensado.

□ Conducciones metálicas de agua (atención, según las condiciones descritas más abajo).

□ Otras estructuras enterradas apropiadas.

Nota: La eficacia de una toma de tierra depende de las condiciones locales del terreno y se deben elegir una o varias tomas de tierra apropiadas a las condiciones del terreno y al valor de la resistencia útil, derivada del cálculo o la medición.

■ El tipo y la profundidad de enterrado de las tomas de tierra debe ser tal que la posible pérdida de humedad del suelo o el hielo no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor útil.

■ Los materiales utilizados y la ejecución debe ser de tal forma que no se vean degradados por la corrosión.

■ En la concepción de las puestas a tierra debe tenerse en cuenta el control de la posible degradación por corrosión.
■ Las canalizaciones metálicas de distribución de agua pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario de la canalización, y tomando las disposiciones para que cualquier modificación de la canalización de agua sea comunicada al utilizador de la toma de tierra.

Nota: Es recomendable que la fiabilidad de la toma de tierra no dependa de terceros.

ITC-BT-18-3-2

■ Las canalizaciones metálicas de otros servicios diferentes al mencionado en el párrafo anterior (líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.), no deben utilizarse por razones de seguridad.

Nota: Esta prescripción no excluye la unión equipotencial con otros servicios para cumplir condiciones de equipotencialidad.

■ Las envolturas de plomo u otras pantallas de conductores que no sean susceptibles de deteriorarse, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario de la canalización, y tomando las disposiciones para que cualquier modificación de la canalización sea comunicada al utilizador de la toma de tierra.

Conductores de tierra

■ Los conductores de tierra, cuando estén enterrados, sus secciones deben estar de conformidad a los valores de la tabla.

Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra		
	Protegidos de forma mecánica	No protegidos de forma mecánica
Protegidos contra la corrosión(1)	Según lo descrito en el apartado “Conductores de protección”	16 mm^2 en cobre 16 mm^2 en acero galvanizado
No protegidos contra la corrosión	25 mm^2 en cobre 50 mm^2 en hierro	

1) La protección contra la corrosión puede obtenerse por medio de una envolvente.

Tabla L3-028: *secciones mínimas de los conductores de tierra.*

■ La unión de un conductor de tierra a una toma de tierra debe ser cuidadosamente realizada y eléctricamente perfecta.
Cuando se realicen las conexiones, éstas no deben dañar los elementos de la toma de tierra ni los conductores de tierra.

Bornes principales de tierra

■ En toda instalación debe preverse un borne principal de tierra, debiéndose unir al mismo los siguientes conductores:
□ Conductores de tierra.
□ Conductores de protección.
□ Conductores de unión equipotencial.
□ Conductores de puesta a tierra funcional (si son necesarios).
■ Debe preverse sobre los conductores de tierra y en un punto accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma a tierra. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de puesta a tierra, debe ser necesariamente desmontable por medio de un útil, debe ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Interconexión con las tomas de tierra de otras instalaciones

■ Instalaciones a tensiones más elevadas (en estudio por la IEC).

■ Instalaciones de protección contra las descargas de carácter atmosférico (en estudio por la IEC).

ITC-BT-18-3-4

Conductores de protección

Secciones mínimas

■ Elección por cálculo, para tiempos de desconexión de las protecciones no superiores a 5 segundos, debe basarse en la formula $S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$.

Donde:

S es la sección del conductor de protección, en milímetros cuadrados.

I es el valor eficaz de la corriente de defecto que puede atravesar el dispositivo de protección para un defecto de impedancia despreciable en amperios.

t es el tiempo de funcionamiento del dispositivo de corte en segundos.

Nota: Debe tenerse en cuenta el efecto de limitación de corriente por impedancias del circuito y del poder limitador (integral de Joule) del dispositivo de protección.

k es el factor cuyo valor depende de la naturaleza del material del conductor de protección de los aislamientos y otras partes y de las temperaturas inicial y final.

■ Determinación del factor k:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c\,(B + 20)}{\rho_{20}}}\ \ln\left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B + \theta_i}\right).$$

Donde:

Q_c es la capacidad térmica volúmica del material del conductor (J/ºC mm^3).

B es la inversa del coeficiente de temperatura de la resistividad a 0 ºC para el conductor (ºC).

ρ_{20} es la resistividad eléctrica del material del conductor a 20 ºC (Ω·mm).

θ_i es la temperatura inicial del conductor (ºC).

θ_f es la temperatura final del conductor (ºC).

Material	B(ºC)(1)	Qc (J/ºC mm³)(2)	ρ_{20} (Ω·mm)(1)	$\sqrt{\frac{Q_c\,(B+20)}{r_{20}}}$
Cobre	234,5	$3{,}45 \cdot 10^{-3}$	$17{,}241 \cdot 10^{-6}$	226
Aluminio	228	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$	$28{,}264 \cdot 10^{-6}$	148
Plomo	230	$1{,}45 \cdot 10^{-3}$	$214 \cdot 10^{-6}$	42
Acero	202	$3{,}8 \cdot 10^{-3}$	$138 \cdot 10^{-6}$	78

(1) Valores sacados de publicaciones IEC 28, 111 y 287 (válidas en 1980).

(2) Valores sacados de Electra, 24 de octubre de 1982, página 63, editado por la CIGRE (Conferencia Internacional de Grandes Redes Eléctricas de Alta Tensión, 112 Boulevard Haussman, 75008 París).

Tabla L3-029: *valores para la determinación del factor k.*

Si la aplicación de la fórmula conduce a valores no normalizados, se deberán utilizar los conductores que tengan la sección normalizada inmediatamente superior.

Notas:

■ Es necesario que la sección así calculada sea compatible con las condiciones impuestas a la impedancia del bucle de falta.

■ Para los límites de temperatura para las instalaciones en atmósferas explosivas véase la norma UNE 21814.

■ Deben tenerse en cuenta las temperaturas máximas admisibles para las conexiones.
Los valores para los conductores aislados con aislante mineral están en estudio.

■ Valores de k para los conductores de protección aislados no incorporados a los cables y los conductores de protección desnudos en contacto con el revestimiento de cables.

	Naturaleza del aislante de los conductores de protección o de los revestimientos de los cables		
	Policloruro de vinilo PVC	Polietileno reticulado PRC Etileno propileno EPR	Caucho butilo
Temperatura inicial	30 ºC	30 ºC	30 ºC
Temperatura final	160 ºC	250 ºC	220 ºC
Material del conductor	Coeficiente k		
Cobre	143	176	166
Aluminio	95	116	110
Acero	52	64	60
	Conductores de protección que constituyen un cable multiconductor		
Temperatura inicial	70 ºC	90 ºC	85 ºC
Temperatura final	160 ºC	250 ºC	220 ºC
Material del conductor	Coeficiente k		
Cobre	115	143	134
Aluminio	76	94	89

Tabla L3-030: *valores del factor k para unos conductores.*

■ Valores de k para conductores desnudos que no corren el riesgo de dañar materiales próximos para las temperaturas indicadas.

	Condiciones								
	Visibles en los emplazamientos reservados(1)			Condiciones normales			Riesgo de incendio		
M. del conductor	Cu	Al	Acero	Cu	Al	Acero	Cu	Al	Acero
T. inicial		30 ºC			30 ºC			30 ºC	
T. máxima	500 ºC	300 ºC	500 ºC		200 ºC			150 ºC	
Factor k	228	125	82	159	105	58	138	91	50

(1) Los valores de temperatura indicados se considera que no comprometen las cualidades de las conexiones.

Tabla L3-031: *valores del coeficiente k para conductores desnudos.*

■ Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se deberán utilizar los conductores que tengan la sección normalizada inmediatamente superior.
■ Las secciones de los conductores de protección no deben ser inferiores a los valores especificados en la tabla L3-032 adjunta, de relaciones de secciones. En estos casos las verificaciones según el apartado anterior no son necesarias si los conductores son del mismo material, en caso contrario se han de sustituir por secciones de resistencia equivalente.

ITC-BT-18-3-4
Tabla 2

Relación de las secciones de los conductores de protección y de fase	
Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm^2)
$S \leqslant 16$	S
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	S/2

Tabla L3-032: *relación de secciones de los conductores de fase y de protección.*

Ver capítulo F, página F/249 “Conductores de protección” del 1.er Volumen.

■ En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de las canalizaciones de alimentación deben tener una sección, al menos de:
□ 2,5 mm^2 si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
□ 4 mm^2 si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.
■ Cuando un conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de este conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

ITC-BT-18-3-4

Tipos de conductores de protección

■ Para la elección y colocación de los conductores de protección debemos tener en consideración este apartado "Conductores de protección" y el de "Selección e instalación de las canalizaciones en función de las influencias externas", página L/99.
Ver capítulo F, página F/249 "Conductores de protección" del 1.er Volumen. Ver capítulo H1, apartado 3.2.4., página H1/108 "Los conductores de protección PE" del 2.° Volumen.
■ Pueden ser utilizados como conductores de protección:
□ Los conductores en los cables multiconductores.
□ Los conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos.
□ Los conductores separados desnudos o aislados.
□ Los revestimientos metálicos, por ejemplo, envolturas, pantallas, armaduras, etc., de ciertos cables (prescripciones complementarias están en estudio por la IEC).
□ Los conductores metálicos u otras envolventes metálicas para los conductores (están en estudio prescripciones complementarias por la IEC).
□ Ciertos elementos conductores.
■ Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjunto montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolventes metálicas, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si cumplen simultáneamente las tres siguientes condiciones:
a) Su continuidad eléctrica debe ser realizada de forma que esté protegida contra los deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la prescripciones del apartado "Secciones mínimas", página L/119.
c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada (sólo aplicable a los conductores de protección al exterior).
■ (*) Las cubiertas metálicas (desnudas o aisladas) de ciertas canalizaciones, en particular la cubierta exterior de los conductores blindados con aislante mineral, y ciertos conductores y argollas metálicas, pueden ser utilizados como conductores de protección de los circuitos correspondientes, si cumplen simultáneamente las condiciones a y b del apartado anterior.
Otros conductos no pueden servir de conductores de protección.
■ Elementos de conductos pueden ser utilizados como conductor de protección si cumplen, simultáneamente, estas cuatro condiciones:
a) Su continuidad eléctrica está asegurada, ya sea por construcción, ya sea por medio de conexiones apropiadas, de forma que estén protegidas contra deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
b) Su conductividad debe ser, como mínimo, equivalente a la que resulta de la aplicación del apartado "Secciones mínimas", página L/119.
c) Sólo podrán ser desmontados si se han previsto medidas compensatorias.
d) Hayan sido estudiados y adaptados para este uso.

Nota: Las canalizaciones metálicas para agua, no satisfacen, normalmente, estas condiciones.

Las conducciones de gas no deben ser utilizadas como conductores de protección.

Conservación y continuidad eléctrica de los conductores de protección

■ Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos y químicos, y los esfuerzos electrodinámicos.

■ Las conexiones deben ser accesibles para verificación y ensayo, a excepción de aquellas efectuadas en las cajas llenas de material de relleno o en juntas estancas.

■ Ningún aparato deberá ser introducido en el conducto de protección, aunque las conexiones que pueden ser desmontadas por medio de útil pueden ser utilizadas para los ensayos.

■ Cuando se utilice un dispositivo de control de continuidad de tierra, los arrollamientos no deben ser introducidos en los conductores de protección.

■ Las masas de los equipos a unir a los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de los elementos de canalizaciones prefabricadas que cumplan el párrafo del asterisco (*).

Puestas a tierra por razones de protección

Ver capítulo F, página F/87 “Puestas a tierra por razones de protección” del 1.er Volumen.

Nota: Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver el apartado 2.1. “Las medidas de protección contra los choques eléctricos”, página L/11.

Conductores de protección utilizados en unión con los dispositivos de protección contra sobreintensidades

Cuando se utilicen dispositivos de protección contra las sobreintensidades (esquemas TN y ciertos casos del IT) para la protección contra los choques eléctricos, con el fin de evitar blucles de impedancia, difíciles de valorar, el conductor de protección deberá circular por el mismo conducto de los conductores activos o en su máxima proximidad.

Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de tensión de defecto

■ La toma de tierra auxiliar debe ser eléctricamente independiente de todas los otras masas puestas a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de conductores. Para ello se debe instalar a una distancia específica de las demás tomas de tierra.

■ La unión a la toma de tierra auxiliar debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o los elementos que están conectados o con los elementos conductores que puedan estar o estén conectados con ellos.

Ver capítulo F, página F/88 “Puestas a tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto” del 1.er Volumen.

Nota: Esta condición es necesaria para evitar que el elemento sensible a la tensión no sea cortocircuitado inadvertidamente.

■ El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

Es muy importante este apartado, en concordancia con la norma UNE 20460-90|5-54, puesto que por regla general la tendencia a unir todas las tierras en el borne general de tierra, muy próximo a las picas de toma de tierra, puede inducir a las masas tensiones inadecuadas, excepto si estas tensiones quedan cortadas.

Corrientes de fuga importantes
En estudio por la IEC.

ITC-BT-18-5

Puestas a tierra por razones funcionales

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitir un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.
La IEC tiene en estudio una serie de medidas complementarias.

Tierras sin ruido
En estudio por la IEC.
Ver capítulo F, página F/88 “Puestas a tierra por razones funcionales” del 1.er Volumen.

ITC-BT-18-6

Puestas a tierra por razones combinadas de protección y funcionales

Cuando la puesta a tierra sea necesaria por razones de protección y funcionales, las prescripciones para las medidas de protección son preponderantes.

ITC-BT-18-7

Conductores PEN

■ En un esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2 en Cu o Al, las funciones del conductor de protección y del conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de instalación común no se encuentre aguas abajo de un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.
Sin embargo, la sección mínima del conductor de protección puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de un tipo concéntrico conforme a las normas UNE y que las conexiones que aseguren la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión, sobre el recorrido del conductor periférico. El conductor PEN concéntrico debe ser utilizado desde el transformador y limitado a una instalación que utilice accesorios concebidos para este fin.
■ El conductor PEN debe estar aislado para la tensión más elevada que pueda estar sometido, con el fin de evitar las corrientes parásitas.

Nota: El conductor PEN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.

■ Si a partir de un punto cualquiera de la instalación el conductor neutro y el de protección PE están separados, no está permitido volverlos a unir aguas abajo de este punto. En el punto de la separación deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y para el conductor neutro. El conductor PEN debe estar unido al borne o barra prevista para el conductor de protección PE.
Ver capítulo H1, apartado 3.2.4., página H1/109 “Los conductores de protección. Esquema TN-C” y capítulo H1, apartado 3.2.5., página H1/115 “El conductor neutro. Esquema TN-C” del 2.° Volumen.

ITC-BT-18-8

Conductores de equipotencialidad

Secciones mínimas

■ Conductor principal de equipotencialidad. El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad del conductor de protección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser limitada a 2,5 mm^2 si es de Cu, o a la sección equivalente si es de otro material conductor.
■ Conductor de equipotencialidad suplementaria. Si el conductor de equipotencialidad suplementaria uniera dos masas, su sección no será inferior a la más pequeña de la de los conductores de protección unidos a dichas masas.

Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa o un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad del conductor de protección unido a esta masa.
Este conductor, caso necesario, debe satisfacer lo indicado en el apartado "Conductores de tierra", página L/138.
La unión equipotencial suplementaria puede estar asegurada bien por elementos conductores no desmontables, tales como los armazones metálicos, bien por conductos suplementarios, ya sea por combinación de dos.
■ Contadores de agua. Cuando se utilizan las canalizaciones de agua en el interior de un edificio para la puesta a tierra o como conductor de protección, los contadores de agua deben estar shuntados por medio de un conductor se sección adecuada a su función de conductor de protección de conductor de equipotencialidad o de conductor de puesta a tierra funcional.
Ver capítulo H1, página H1/114 "Conductor equipotencial" del 2.º Volumen.

3.4.2. Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de materiales de tratamiento de la información

Prescripciones por la puesta a tierra de instalaciones o de materiales de tratamiento de la información

Las prescripciones generales de las puestas a tierra ya las hemos expuesto, pero debido a que los materiales electrónicos correspondientes al tratamiento de la información tienen una sensibilidad específica, debemos tener en consideración esta sensibilidad en las puestas a tierra y circuitos de equipotencialidad. Por tanto trataremos en este capítulo de:
■ La protección contra la corrosión electrónica.
■ La protección contra retornos importantes de corriente continua, en los conductores de puesta a tierra funcional.
■ Las uniones equipotenciales asegurando la compatibilidad electromagnética de los materiales instalados.

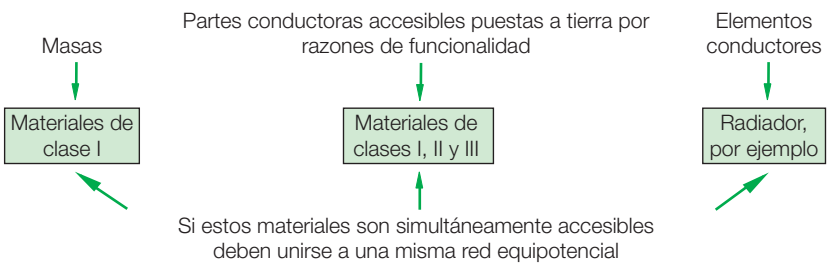
Utilización del borne principal de tierra

El borne principal de puesta a tierra de un edificio es generalmente utilizado por la puesta a tierra funcional. Para los elementos de tratamiento de la información generalmente también.

Circuitos MBTP (TBTP) (PELV)

■ Si circuitos MBTP (TBTP) (PELV) y partes conductoras accesibles de materiales de clase II o III son puestas a tierra por razones funcionales deben cumplir las prescripciones ya expuestas en este capítulo.

Nota: Los circuitos TBTS (SELV) para alimentación de elementos de tratamiento de la información, deben ser unidos a tierra con la misma consideración de los circuitos TBTP (PELV).



■ La puesta a tierra funcional puede estar conectada al conductor de protección del circuito de alimentación del material de tratamiento de la información.

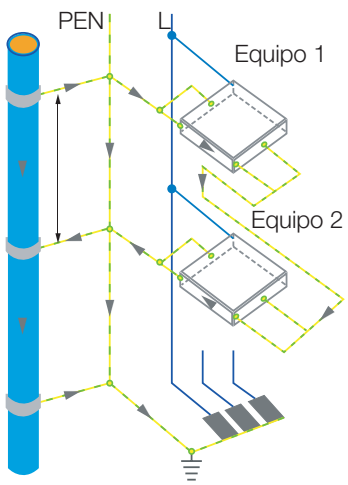
■ A veces, las funciones combinadas de conductor de protección y de puesta a tierra funcional son realizadas por un conductor apropiado, separado, unido al borne principal de tierra de un edificio.

Compatibilidad de las instalaciones de tratamiento de la información con los conductores PEN en las instalaciones de los edificios

■ Para los edificios que hay o pueda haber, una instalación importante de tratamiento de la información se debe utilizar un conductor de protección (PE) y un conductor neutro (N) separados más allá del punto de entrada de la instalación, con el fin de minimizar los eventuales problemas de la compatibilidad electromagnética CEM. Para procurar que las posibles sobreintensidades de defecto circulen por el neutro y no por el conductor de protección, que puede ser el mismo que el de los circuitos de tratamiento de la información.

■ En la figura del esquema TN-S, la corriente de desequilibrio entre fase o defecto circula por el conductor N y no por el PE que es el mismo que para los elementos de tratamiento de la información.

Esquema TN-C



Esquema TN-S

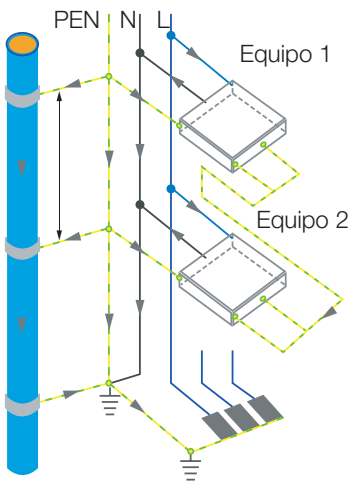


Fig. L3-033: *eliminación de las corrientes de desequilibrio y defecto del conductor de protección con un sistema separado.*

■ Si un transformador, un alternador, una alimentación sin interrupción (SAI) o un material análogo, forman parte de la instalación eléctrica del edificio y son alimentados en esquema TN-C y alimentan al material de tratamiento de la información, se bebe realizar un esquema de distribución TN-S a partir de las fuentes.

Nota: Estos problemas se presentan habitualmente en edificios destinados a oficinas o industrias.

■ En la figura del esquema TN-C, la corriente de desequilibrio entre fase o de defecto circula por el conductor PEN, el mismo que para los elementos de tratamiento de la información.

ITC-BT-30-7

Prevención contra la corrosión electrolítica

Puesto que por los conductores de puesta a tierra funcional, frecuentemente, se asientan corrientes de componente continua, debemos tener presentes las condiciones de protección contra la corrosión electrolítica, según los apartados “Influencias externas”, página L/21 y “Puestas a tierra”, página L/137.

Disposiciones en función de la compatibilidad electromagnética (CEM)

■ Las instalaciones o materiales de tratamiento de la información pueden estar sujetos a disfunciones de uso, producidas por las corrientes y las tensiones inducidas en los materiales o entre los materiales interconectados. Los orígenes de estas interferencias provienen de los transistores de la alimentación, de la red de puesta a tierra, de las descargas de sobretensiones, del corte en carga, de descargas electrostáticas, de tensiones diferenciales a diferentes frecuencias, a campos magnéticos, campos electromagnéticos de radiofrecuencia.

■ Ejemplos de técnicas de base que pueden utilizarse para procurar una inmunidad, total o parcial, contra las perturbaciones electromagnéticas incidentes:

□ Instalar en el circuito una inmunidad propia a la instalación o al material de tratamiento de la información, bien sea eléctricamente o por utilización de corrección de error.

□ Separar eléctricamente la instalación o el material de tratamiento de la información de las fuentes de perturbación.

□ Instalar una equipotencialidad entre los materiales para la banda apropiada de frecuencias.

□ Instalar una red de equipotencialidad unida a tierra para minimizar las diferencias de potencial y construir un blindaje.

Existen diversos métodos de puesta a tierra o de equipotencialidad para realizar el tratamiento de la CEM.

Ver capítulo F, apartado 5.3., página F/103 “Las puestas a tierra y la compatibilidad electromagnética” del 1.er Volumen. Ver capítulo F, página F/269 “Las reglas de cableado frente a los fenómenos de la CEM” del 1.er Volumen.

Método 1 - Conductores de protección en estrella

■ Este método utiliza la asociación de conductores de protección y de alimentación. El conductor de protección de cada material presenta un trazado suficientemente impedante a las perturbaciones electromagnéticas (no provenientes de los transistores de la alimentación) para que los cables de interconexión sean afectados por una amplia proporción del flujo incidente. Los materiales deben, consecuentemente, presentar una inmunidad elevada para funcionar correctamente.

■ Separando el circuito de alimentación y la puesta a tierra de los materiales para el tratamiento de la información, de otros circuitos de alimentación y también de las puestas a tierra de los elementos conductores metálicos, pueden reducirse muy favorablemente las incidencias de perturbaciones.

■ Cualquiera que sea, el punto de estrella (por ejemplo el borne PE en el cuadro de distribución correspondiente) los conductores de protección y de puesta a tierra funcional unidos en estrella, los materiales de tratamiento de la información pueden ser conectados a tierra por un conductor aislado unido al borne principal de tierra.

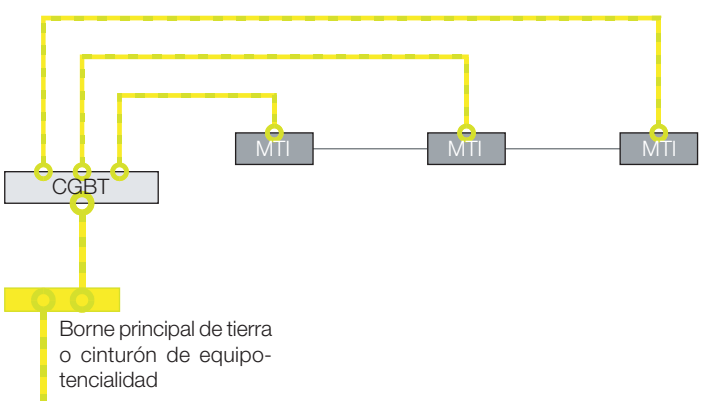


Fig. L3-034: *esquema correspondiente al método 1. Conductores de protección en estrella.*

Método 2 - Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado)

■ Los conductores de protección (normales) y sus uniones a los materiales de tratamiento a la información, son complementados por la equipotencialidad que ofrece una red mallada.

En función de la frecuencia y de la red mallada, este método puede crear un plan de equipotencialidad de baja impedancia para las señales de interconexión los equipos interconectados y próximos al mallado.

■ Exactamente igual al método, se obtiene una inmunidad complementaria separando el circuito de alimentación y la puesta a tierra de los materiales para el tratamiento de la información de otros circuitos de alimentación y también de las puestas a tierra de los elementos conductores metálicos, así como de las partes metálicas de los edificios pueden reducirse muy favorablemente las incidencias de perturbaciones.

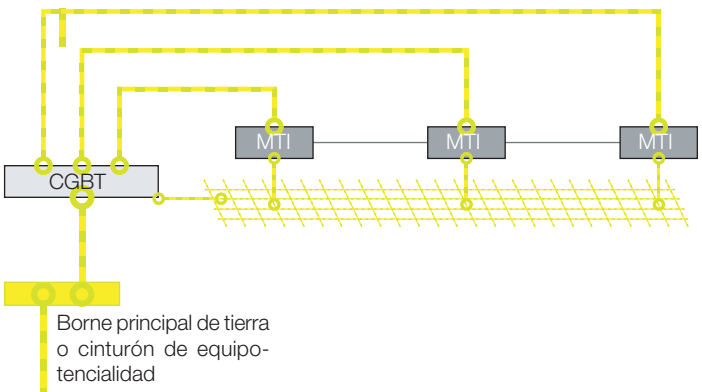


Fig. L3-035: *esquema correspondiente al método 2. Utilización de una red equipotencial horizontal local (mallado).*

Método 3 - Sistemas equipotencial horizontal y vertical

En este método, las disposiciones normales de los conductores de protección son reforzadas por mallados equipotenciales en cada planta del edificio. Estos mallados soportan las conexiones de todas las partes metálicas del edificio, las partes conductoras de la instalación y las partes metálicas de otros servicios. Una equipotencialidad vertical entre plantas puede realizarse.

En este método en la puesta a tierra se puede utilizar un cinturón de equipotencialidad que prolonga el borne principal de tierra por todo el edificio.

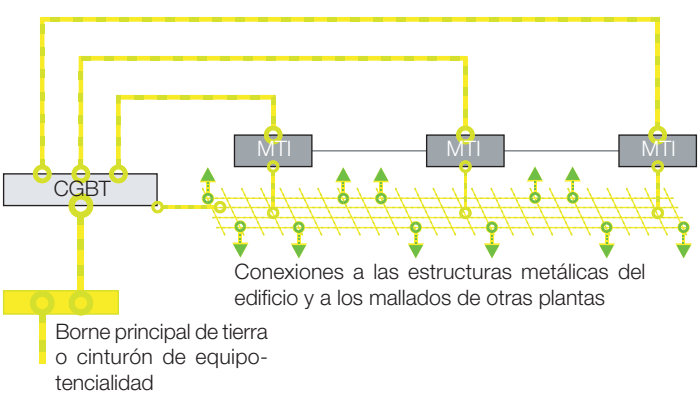


Fig. L3-036: *esquema correspondiente al método 3. Sistemas equipotenciales horizontal y vertical.*

Puesta a tierra y equipotencialidad de las instalaciones de tratamiento de la información

Anillo de equipotencialidad

■ El borne principal de tierra de un edificio puede ser prolongado, en función de un anillo de equipotencialidad unido a tierra (materializado por un juego de barras), de forma que las instalaciones para el tratamiento de la información puedan estar unidas a tierra por el camino más corto posible en todos los puntos del edificio.

■ Todo conductor que deba estar conectado al borne principal de tierra del edificio puede conectarse al cinturón de equipotencialidad en cualquier punto.

Notas:

■ El cinturón de equipotencialidad debe situarse en zona de fácil accesibilidad por razones de equipotencialidad, preferentemente instalado al entorno interior del edificio.

■ La fiabilidad de la equipotencialidad entre dos puntos del cinturón de equipotencialidad, depende de la impedancia del conductor utilizado, en función del dimensionado del mismo y del entorno del camino que recorre. Si la frecuencia es de 50 Hz o 60 Hz, una sección de cobre de 50 mm^2 mantiene un buen equilibrio entre el coste del material y su impedancia.

Dimensionado

El cinturón de equipotencialidad debe ser dimensionado de la misma forma que un conductor de unión equipotencial de conformidad al apartado “Conductores de equipotencialidad”, página L/143.

Nota: Normalmente la sección necesaria del circuito de equipotencialidad para elementos destinados al tratamiento de la información debe ser superior a la derivada del cálculo normal. Es conveniente incrementar la sección en un tamaño superior.

Conexiones al cinturón de equipotencialidad

Los conductores siguientes pueden ser conectados al cinturón de equipotencialidad:

■ Todos los conductores especificados en el párrafo “Conexión equipotencial principal”, página L/19 y el apartado “Bornes principales de tierra”, página L/138.

■ Las pantallas de los conductores, las fundas y armaduras conductoras de cables de telecomunicación o de materiales de telecomunicación.

■ Los conductores de equipotencialidad de sistemas de carriles.

■ Los conductores de puesta a tierra de los dispositivos de protección contra sobretensiones.

■ Los conductores de puestas a tierra de sistemas de antenas de radiocomunicación.

■ El conductor de puesta a tierra del polo unido a tierra de una alimentación en corriente continua, para un material de tratamiento de la información.

■ Los conductores de puesta a tierra funcional.

■ Los conductores de un sistema de protección contra el rayo (ver IEC 61024-1).

■ Los conductores de unión equipotencialidad suplementaria definida en el apartado “Conductores de equipotencialidad suplementaria”, página L/143.

Instalación de un cinturón de equipotencialidad

■ Cuando sea necesario instalar un cinturón de equipotencialidad en un edificio destinado al tratamiento de la información se ha de instalar un bucle cerrado.

■ El cinturón de equipotencialidad puede ser con conductor desnudo o aislado.

■ El conductor para el cinturón de equipotencialidad (de preferencia de cobre) debe ser instalado de forma que sea accesible en toda su longitud, por ejemplo sobre una superficie o una ranura. Los conductores desnudos deben ser aislados al nivel de los soportes y en el paso de muros, con el fin de evitar la corrosión.

ITC-BT-18-8

Disposiciones de equipotencialidad por razones de funcionalidad

Notas:

■ La unión equipotencial puede ubicar conductores, pantallas de conductores y partes metálicas de un edificio, tales como las conducciones de agua y de conductores o una malla en cada planta o de una parte de una gran superficie.

■ Cualquiera que fuera, la integración de partes metálicas y de la armadura del edificio en la misma tierra puede ser ventajosa. Es conveniente entonces que todas las partes metálicas que puedan reforzar el cinturón de equipotencialidad sean soldadas y conectadas al mismo. Si la soldadura no es adecuada por razones de estructura, podemos utilizar conexiones flexibles soldadas a las partes metálicas.

■ Las prescripciones de equipotencialidad por razones funcionales (por ejemplo sección, forma, posición) dependen de la gama de frecuencias del sistema de tecnología de la información, las condiciones presuntas del entorno electromagnético y de características de inmunidad/frecuencia de los materiales.

■ En el caso de cortocircuitos las partes conductoras de puesta a tierra quedan afectadas y una sobreintensidad puede aparecer entre las conducciones de unión de los materiales.

■ Los conductores de equipotencialidad deben ser identificados como conductores de protección.

■ Los mallados de equipotencialidad tienen el mismo trato que los conductores de equipotencialidad.

ITC-BT-18-6

Conductores de puesta a tierra funcional

■ Sección. En la sección de los conductores de equipotencialidad funcional deben tener en consideración las posibles corrientes de defecto, que pueden circular por ellos, puesto que los conductores de las puestas a tierra funcionales son también utilizados como conductores de retorno, la corriente nominal y la caída de tensión. Puesto que los datos no son conocidos, los deben facilitar los constructores.

■ Conexiones para los dispositivos de protección contra las descargas eléctricas. Los conductores de puesta a tierra o los cinturones de equipotencialidad que deban derivar descargas eléctricas de sobretensión, deben ser lo más cortas posible, a fin de evitar innecesarios bucles de impedancia.

Conductores combinados de protección y de puesta a tierra

■ Un conductor de protección y de puesta a tierra funcional debe satisfacer en toda su longitud las prescripciones propias de un conductor de protección, apartado “Conductores de protección”, página L/139 y “Conductores de puesta a tierra funcional”, en esta página.

■ El conductor de retorno de corrientes continuas de una alimentación de materiales para la información puede servir también como conductor de protección y de puesta a tierra funcional, pero debemos dimensionarlo de forma que las corrientes que circulen permanentemente y las posibles, mantengan una caída de tensión máxima de 1 voltio. En el cálculo de la caída de tensión los efectos de las conducciones paralelas a él no deben tenerse en consideración.

■ Tipos de conductores de protección y de puesta a tierra funcional. Corresponden a los mismos del apartado “Conductores de protección”, página L/139.

■ Prescripciones para la utilización de partes conductoras de un material de tratamiento de la información como conductor de protección y de puesta a tierra funcional.

La continuidad de circulación de las intensidades en los conductores de protección y de puesta a tierra funcional debe asegurarse por:

□ El tipo de construcción.

□ La utilización de técnicas de unión, especialmente la degradación por los efectos mecánicos, químicos y electroquímicos.

Nota: Ejemplos de métodos de unión apropiados son la soldadura, remaches y el atornillado con tornillos imperdibles.

La conductividad de toda parte estructural utilizada como conductor de protección y de puesta a tierra funcional debe satisfacer las prescripciones de este apartado.

Cuando una parte del material es movible, la unión equipotencial entre las demás partes del material no puede ser interrumpida, a menos que la conexión de tales partes no sea cortada
Se recomienda que piezas o partes de los materiales del orden de 10 m de longitud sean conectadas a tierra o al cinturón de equipotencialidad por los dos extremos.

Utilización de tomas de tierra en locales por razones funcionales

■ Por diversas razones, una puesta a tierra complementaria local, o una serie de tomas de tierra complementarias locales, son a menudo necesarias por el funcionamiento de materiales de la información, MTI. Por ejemplo una toma de tierra correspondiente a una antena de transmisión radiofónica, puede necesitar una toma complementaria.

■ Ciertos defectos aparecen en la alimentación creando una sobretensión sobre el borne principal de toma de tierra, pudiendo provocar la circulación de una intensidad excesiva para los conductores de protección y transmisión en el edificio a través de las tomas de tierra locales funcionales (ver apartado 2.4.1. “Medidas de protección de las instalaciones de BT contra los defectos a tierra de instalaciones de AT/MT”, página L/59).

■ Puesto que las tomas de tierra complementarias se ejecutan en la obra por razones funcionales, las disposiciones del apartado son necesarias para reducir sus efectos de:

□ Sobreintensidades en los conductores de protección y de transmisión de señales.

□ La aparición de posibles tensiones de contacto más elevadas entre las partes activas accesibles de la instalación.

□ Tensiones de paso en la proximidad de las tomas de tierra con fines funcionales, en excepción si el acceso es restringido de forma adecuada.

□ Influencias electromagnéticas (IEM), y los efectos del rayo, particularmente en la proximidad de equipos electrónicos sensibles.

■ Conexión al borne principal de tierra.
La toma de tierra a fines funcionales debe ser conectada al borne principal de tierra de la instalación por un conductor de tierra funcional de conformidad al apartado “Uniones a tierra”, página L/137.

■ Dimensionado del conductor de tierra funcional.
El conductor de tierra funcional debe presentar una sección mínima de 10 mm^2 en Cu, o resistencia equivalente en otro material.

■ Reducción de IEM en alta frecuencia.
Los dispositivos electromagnéticos, por ejemplo las bobinas con núcleos de ferrita, pueden ser insertados en el conductor de tierra funcional para reducir las influencias electromagnéticas de alta frecuencia.

Unión de conductores de transmisión de señales

En los edificos con canalizaciones existentes que comprendan conductores de protección PEN, donde las disposiciones de los conductores no son apropiadas para minimizar la CEM, los métodos siguientes son apropiados para minimizar los efectos:

■ Utilización de fibras ópticas para la transmisión de datos.

■ Utilización de materiales de clase II.

■ Utilización de transformadores de aislamiento para la alimentación de los materiales de la comunicación o información, preferentemente con esquemas locales de régimen IT.

■ Recorridos de las conducciones apropiados para reducir las superficies de los bucles comunes entre los cables de alimentación y los de transmisión.
Para detalles de otros métodos ver la IEC 61000-1-1.

Transmisión de señales entre zonas de equipotencialidad diferentes

El rayo y las descargas de AT/MT sobre la BT pueden crear diferencias de potencial excesivas entre diferentes edificios o zonas de equipotencialidad diferentes. Estos efectos pueden crear situaciones peligrosas a las uniones de los elementos de tratamiento de la información.
Para evitar estos problemas, las uniones de señales entre zonas de diferente equipotencialidad deben ser realizados en cable de fibra óptica no metálico o en sistemas no conductores tales como sistemas de microondas o láser.

3.5. Cuadros eléctricos

La norma UNE-EN 60439-1 facilita las orientaciones básicas para la construcción de cuadros eléctricos, basadas en la prescripciones generales expuestas en el apartado “Protecciones para garantizar la seguridad”, página L/10. En este apartado expondremos las prescripciones para una correcta elección del material. Ver capítulo F, apartado 6., página F/109 “Los cuadros eléctricos” del 1.er Volumen.

Informaciones que debemos considerar en la elección del producto

Todo cuadro eléctrico deberá estar provisto de una o varias placas de características, marcadas de forma indeleble y duradera, situadas en zonas fácilmente visibles y entendibles en el punto de emplazamiento.

Características que imprescindiblemente deben estar en las placas

■ El nombre del fabricante o su marca de fábrica.

Nota: El instalador que realiza el montaje final del cuadro está considerado como el fabricante del cuadro.

■ La designación del tipo, o un número, o cualquier otro modo de identificación, que permita obtener del fabricante las características correspondientes.

Características que pueden estar en las placas o en el protocolo de características del cuadro

■ Las referencias de la norma UNE-EN 60439-1.
■ La naturaleza de la corriente (y la frecuencia en caso de CA).
■ Las tensiones asignadas de empleo.
■ Las tensiones asignadas de aislamiento.
■ Las tensiones asignadas de los circuitos auxiliares.
■ La corriente asignada de cada circuito.
■ La resistencia a los cortocircuitos.
■ El grado de protección.
■ Las medidas de protección de las personas.
■ Las condiciones de empleo para un uso interior y exterior, o para una utilización especial, si ésta difiere de las condiciones normales de empleo.
■ Los tipos de los regímenes de neutro para los cuales está previsto.
■ Las dimensiones, preferentemente en este orden: altura, longitud, profundidad.
■ El peso.

Identificación

■ En el interior de un cuadro debe ser posible identificar los circuitos individuales y sus circuitos de protección.
■ Cuando los aparatos que forman parte de un cuadro estén provistos de identificaciones, las que se utilicen deberán ser idénticas a las que se encuentren en

los esquemas de cableado, que pueden suministrarse al mismo tiempo que el cuadro.

Instrucciones para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento

■ El fabricante debe especificar en sus documentos o catálogos las eventuales condiciones de instalación, funcionamiento y de mantenimiento del cuadro y del material que contiene.

■ En caso de necesidad, las instrucciones para el transporte, la instalación y el funcionamiento del cuadro deben indicar las medidas que tienen una importancia particular para la instalación correcta, la puesta en marcha y el funcionamiento del cuadro.

■ Cuando sea necesario, los documentos mencionados anteriormente deberán indicar el tipo de mantenimiento y la periodicidad recomendada.

■ Si de la disposición física de los elementos de la aparamenta instalados no se interpreta claramente el circuito eléctrico, deberán adjuntarse las informaciones correspondientes, por ejemplo esquemas de circuitos, planos de distribución de los elementos, etc.

Condiciones normales de empleo

Deberán cumplir las condiciones generales de toda la aparamenta, especificadas en el apartado 3.3. “La aparamenta”, página L/125 y las propias especificadas en este capítulo.

Nota: Si se utilizan componentes, por ejemplo, relés, materiales electrónicos, etc., que no estén previstos para estas condiciones, se tomarán las medidas adecuadas para asegurar su correcto funcionamiento.

Selección e instalación de los cuadros en función de las influencias externas

Ver capítulo F, apartado 8.2., página F/336 “Protección proporcionada por las envolventes”. Ver capítulo F, apartado 3., página F/341 “Grado de protección de las envolventes de BT” del 1.er Volumen.

Temperatura ambiente (AA)

■ Los cuadros deben elegirse e instalarse de forma que se adapten a la temperatura ambiente local más elevada o la más baja, y que la temperatura límite expresada no sea superada.

■ Para instalaciones en el interior:

□ La temperatura del aire ambiente no debe sobrepasar los +40 ºC y la temperatura media durante un período de 24 h no sobrepasará los +35 ºC.

□ El límite inferior de la temperatura ambiente será de –5 ºC.

■ Para instalaciones en el exterior:

□ La temperatura del aire ambiente no debe sobrepasar los +40 ºC y la temperatura media durante un período de 24 h no sobrepasará los +35 ºC.

□ El límite inferior de la temperatura ambiente será de –25 ºC en clima templado y de –50 ºC en clima ártico.

Nota: El empleo de cuadros en un clima ártico puede estar sujeto a un acuerdo especial entre fabricante e instalador y usuario.

■ La aparamenta de los cuadros eléctricos, incluidos los cables y sus accesorios, deben instalarse o manipularse únicamente dentro de los límites de temperatura fijados por las normas de producto correspondientes o indicadas por los fabricantes.

■ Cuando materiales de diferente límite de temperatura se instalan en la misma envolvente, la temperatura límite del cuadro será la más baja de las máximas permitidas por los materiales ubicados.

Fuentes externas de calor

Con el fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas, deberán protegerse los cuadros utilizando uno o más de los métodos siguiente u otro igualmente eficaz:

- Pantalla de protección.
- Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
- Selección de la envolvente teniendo en cuenta los calentamientos adicionales que puedan producirse.
- Reforzamiento local o sustitución del material.

Nota: El calor emitido por las fuentes exteriores puede transmitirse por radiación, por convección o por conducción, proveniente:

- De redes de distribución de agua caliente.
- De instalaciones de aparatos y luminarias.
- De procesos de fabricación.
- De transmisión de calor a través de materiales conductores.
- De recuperación del calor solar o del medio ambiente.

Condiciones climáticas (AB)

- Para instalaciones en el interior.

El aire será limpio y su humedad relativa no sobrepasará el 50% a una temperatura máxima de +40 ºC.

Pueden admitirse grados de humedad relativa más elevados a temperaturas más bajas, por ejemplo, 90% a +20 ºC.

Conviene tener en cuenta que ocasionalmente puede producirse una condensación moderada, por razón de las variaciones de temperatura.

- Para instalaciones en el exterior.

La humedad relativa podrá alcanzar temporalmente el 100% a una temperatura máxima de +25 ºC.

La altitud máxima de instalación será 2.000 m.

Nota: Para los materiales electrónicos destinados a ser utilizados a altitudes superiores a los 1.000 m, puede ser necesario tener en cuenta la disminución de la rigidez dieléctrica y del poder refrigerante del aire. Los materiales electrónicos destinados a funcionar en estas condiciones estarán en principio diseñados o utilizados conforme a un acuerdo entre el fabricante, el instalador y el usuario.

Presencia de agua (AD)

- Los cuadros deben elegirse e instalarse de forma que no pueda producirse ningún daño a causa de la penetración de agua. El cuadro debe cumplir, después del ensamblaje, la clase de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.
- Cuando el agua pueda acumularse o condensarse en las envolventes, deben tomarse disposiciones para asegurar la evacuación.
- Cuando los cuadros pueden verse sometidos a golpes de mar, independientemente del grado de protección IPx6 o IPx7 debe realizarse una protección contra los daños mecánicos mediante uno o varios de los métodos expuestos en los apartados:
  - Choques mecánicos (AG).
  - Vibraciones (AH).
  - Otros esfuerzos mecánicos (AJ).

Presencia de cuerpos sólidos (AE)

- Los cuadros deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los peligros provenientes de la penetración de cuerpos sólidos. La envolvente debe cumplir, después del ensamblaje, el grado de protección IP correspondiente al emplazamiento en cuestión.
- En emplazamientos donde se encuentren cantidades importantes de polvo (AE 4), deben tomarse precauciones adicionales para impedir la acumulación de

polvo o de otras sustancias en cantidades que pudieran afectar la evacuación de calor de las envolventes.

Nota: Puede ser necesario un tipo de instalación que facilite la extracción del polvo: "Selección e instalación en función del mantenimiento, incluida la limpieza".

■ No deben estar en contacto mutuo metales diferentes que puedan formar pares electroquímicos, a no ser que se adopten medidas particulares para evitar las consecuencias de tales contactos.
■ Los materiales que puedan provocar deterioraciones mutuas o individuales o degradaciones peligrosas no deben instalarse en contacto.

Choques mecánicos (AG)
■ Las canalizaciones deben elegirse e instalarse de forma que se limiten los daños a causa de esfuerzos mecánicos como por ejemplo choques, penetraciones o compresión, durante su instalación, uso y mantenimiento.
■ Una evolvente es considerada de un grado de protección contra los impactos IPx-, si el impacto no es capaz de reducir su grado de protección, ni la posible abolladura la rigidez dieléctrica.
■ En las instalaciones fijas donde puedan producirse choques medios (AG 2) o importantes (AG 3), puede asegurarse la protección mediante uno de los medios siguientes:
□ Las características mecánicas de las envolventes.
□ El emplazamiento elegido.
□ La disposición de una protección mecánica complementaria, local o general.
□ O la combinación de estas medidas.

Vibración (AH)
■ Los cuadros soportados o fijados en estructuras o en materiales sometidos a vibraciones medias (AH 2) o importantes (AH 3) deben ser apropiadas a estas condiciones, particularmente en lo que se refiere a cables y conexiones.

Nota: Es conveniente prestar una atención particular a las conexiones a equipos vibratorios. Pueden adoptarse medidas locales, como por ejemplo cables flexibles.

■ La instalación de materiales eléctricos suspendidos en el interior de las envolventes, tales como las luminarias, deben realizarse con cables flexibles. En los casos que no se puedan producir movimientos o vibraciones se pueden utilizar conductores rígidos.

Otros esfuerzos mecánicos (AJ)
■ Las envoventes de los cuadros deben elegirse e instalarse de forma que se impida, durante la instalación, la utilización y el mantenimiento, cualquier daño a las envolventes y a la aparamenta de su interior.
■ Cuando los conductores o cables, del interior de la envolvente, no se vean soportados en toda su longitud, ya sea a causa de los soportes o del sistema de instalación, deben estar soportados por medios apropiados a intervalos suficientes de forma que los conductores o cable no se vean dañados por su propio peso.
■ Cuando los conductores se vean sometidos a una tracción permanente (por ejemplo a causa de su propio peso en tendido vertical), deberá elegirse un tipo de cable o conductor apropiado con una sección y un sistema de instalación apropiados, de forma que se evite cualquier daño a los cables y a sus soportes.
■ Los cables flexibles deben instalarse de forma que se eviten esfuerzos excesivos de tracción sobre los conductores y las conexiones.
■ Los soportes de los cables y la aparamenta no tendrán aristas agudas y estarán dimensionados para soportar los esfuerzos electrodinámicos propios de situaciones de defecto.

Presencia de vegetación o moho (AK)
Cuando las condiciones conocidas o previsibles presenten un riesgo (AK 2), las envolventes deberán elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección.

Nota: Puede ser necesario un sistema de instalación que facilite la extracción de este moho.

Presencia de fauna (AL)
Cuando las condiciones conocidas o previstas presenten un peligro (AL 2), las envolventes deben elegirse en consecuencia o deberán tomarse medidas especiales de protección, como:
- Características mecánicas de las envolventes (grado IP).
- Selección del emplazamiento.
- Disposición de una protección mecánica adicional, local o general.
- Cualquier combinación de estas medidas.

Radiación solar (AN)
Cuando sean conocidas o previsibles radiaciones solares importantes (AN 2) deberá elegirse e instalarse una envolvente apropiada a estas condiciones, o deberá preverse una pantalla apropiada.

Riesgos sísmicos (AP)
- Los cuadros deben elegirse e instalarse teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de la zona de instalación.
- Cuando los riesgos sísmicos conocidos sean débiles (AP 2) o más importantes, deberá prestarse una atención particular a:
  - Las fijaciones internas de la aparamenta y conductores (muy importrante las soluciones contra las vibraciones).
  - Las fijaciones del cuadro a las estructuras del edificio.

Viento (AR)
Véanse apartados “Vibraciones (AH)” y “Otros esfuerzos mecánicos (AJ)”.

Estructura de los edificios (CB)
Cuando la estructura de los edificios presente riesgos de movimiento (CB 3), los soportes de la aparamenta y los conductores de cables deben permitir el movimiento relativo a fin de evitar que la aparamenta y los cables se vean sometidos a esfuerzos mecánicos excesivos.

Condiciones especiales de empleo

Cuando exista una de las condiciones de empleo que coincida con las especificadas, será necesario observar las reglas particulares aplicables o prever un acuerdo particular entre el usuario, fabricante e instalador. El usuario e instalador deben informar al fabricante de las condiciones especiales de empleo, tales como:
- Valores de temperatura, humedad relativa y/o altitud, diferentes a las especificadas.
- Utilizaciones de las cuales se derivan variaciones de temperatura y/o de presión del aire, fenómenos que se producen muy rápidamente, formando condensaciones en el interior de la envolvente.
- Contaminación importante del aire por polvo, humos, partículas corrosivas o radioactivas, vapores o sales.
- Exposición a campos eléctricos o magnéticos de valor elevado.
- Exposición a temperaturas extremas, por ejemplo a las radiaciones solares, a las radiaciones provenientes de hornos.
- Ataques por hongos o pequeños animales.
- Instalaciones en emplazamientos expuestos a incendios o explosiones.

■ Exposición a vibraciones y a choques importantes.
■ Instalación en condiciones especiales, tales que afecten a la aptitud para soportar la corriente o el poder de corte, por ejemplo materiales incorporados en máquinas, o empotrados en un muro.
■ La búsqueda de soluciones apropiadas sobre las perturbaciones eléctricas y radiaciones debe ser objeto de un acuerdo entre el fabricante y el usuario.

Condiciones durante el transporte, almacenamiento y montaje en obra

Deberá realizarse un acuerdo especial entre el fabricante y el usuario si las condiciones durante el transporte, almacenamiento y montaje en obra, por ejemplo, las condiciones de temperatura y/o de humedad, diferentes a las definidas.
Salvo especificación en contra, se aplicará la gama de temperaturas siguientes: durante el transporte y el almacenamiento, entre –25 y +55 ºC y para cortos períodos, que no excedan de 24 h, hasta +70 ºC.
Los materiales sometidos a estas temperaturas extremas fuera de servicio no deben sufrir ningún desperfecto irreversible y deben funcionar de inmediato normalmente en las condiciones previstas.

Corrientes admisibles

Corriente asignada

La corriente asignada a un cuadro o a un circuito de un cuadro está establecida por el fabricante, en función de los valores asignados a los componentes del equipo eléctrico, de su disposición en el interior de la envolvente y de su utilización.
Esta corriente deberá ser soportada sin que el calentamiento de sus partes sobrepase los límites especificados en la tabla L3-038, cuando el ensayo se realice en las condiciones de la norma de construcción UNE-EN 60439-1 aplicando el factor de simultaneidad.

Factor de simultaneidad asignado

El factor de simultaneidad asignado a un cuadro con varios circuitos principales constituido por conjuntos de serie (CS) corresponde a la tabla L3-037.

Número de circuitos principales	Factor de simultaneidad
2 y 3	0,9
4 y 5	0,8
6 a 9 inclusive	0,7
10 y superiores	0,6

Tabla L3-037: *factor de simultaneidad aplicable a los cuadros eléctricos.*

Calentamientos

■ Los cuadros se ensayan en las condiciones de intensidad y simultaneidad especificadas en los dos apartados anteriores.
■ El calentamiento de un elemento o de una pieza es la diferencia entre la temperatura de este elemento o pieza y la temperatura del aire ambiente en el exterior del cuadro.

Límites de calentamiento

Partes de un conjunto	Calentamiento (k)
Componentes incorporados[1].	De acuerdo con las prescripciones correspondientes para los componentes o, en su defecto, a las instrucciones del fabricante, teniendo en cuenta la temperatura en el interior del cuadro.

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Partes de un conjunto	Calentamiento (k)
Bornes para conductores aislados exteriores.	70[2]
Juegos de barras y conductores contactos enchufables de las partes móviles o desenchufables que se conecten a los juegos de barras.	Limitado por: ■ La resistencia mecánica del material conductor. ■ La influencia eventual sobre el material adyacente. ■ El límite de temperatura admisible de los materiales aislantes en contacto con el conductor. ■ La influencia de la temperatura del conductor sobre los aparatos a que están conectados. ■ Para los contactos enchufables, naturaleza y tratamiento de la superficie del material de contacto.
Elementos manuales de mando: ■ Metálicos. ■ De material aislante.	 15[3] 25[3]
Envolventes y cubiertas exteriores accesibles: ■ Superficies metálicas. ■ Superficies aislantes.	 30[4] 40[4]
Disposiciones particulares de conexiones del tipo de base y clavija.	Determinada por el límite de temperatura de los materiales que los constituyen[5]

1) El término “componentes incorporados” significa:
■ La aparamenta convencional.
■ Los subconjuntos electrónicos (por ejemplo, reguladores, alimentaciones de potencia estabilizadas, amplificadores operacionales).
2) El límite de calentamiento de 70 k es un valor basado en el ensayo convencional de la norma UNE-EN 60439-1. Un cuadro utilizado o ensayado según las condiciones de la instalación puede tener conexiones donde el tipo, la naturaleza y/o la disposición, no sean las mismas que las adoptadas para el ensayo y pueden por tanto resultar calentamientos diferentes a la tabla y ser aceptados o rechazados.
3) Para elementos manuales de mando en el interior de los cuadros que no son accesibles hasta después de la apertura del cuadro, por ejemplo, empuñaduras de socorro, empuñaduras de extracción que no son utilizadas frecuentemente se pueden admitir calentamientos más elevados.
4) Salvo especificación en contra, en el caso de paneles y de envolventes que son accesibles, pero que no es necesario tocarlos en servicio normal, está permitido aumentar los límites de calentamiento en 10 k.
5) En este caso se permite un cierto grado de flexibilidad del material, por ejemplo: dispositivos electrónicos que tienen unos límites de calentamiento diferentes de los que normalmente se atribuyen a la aparamenta.

Tabla L3-038: *calentamientos máximos.*

3.6. Grupos generadores de BT

ITC-BT-40

Requisitos para instalaciones que albergan dispositivos de alimentación para las siguientes funciones

■ Alimentación de una instalación no conectada a la red pública.
■ Alimentación de una instalación como alternativa a la red de distribución pública.
■ Alimentación de una instalación en paralelo con la red de distribución pública.
■ Combinaciones apropiadas de las alimentaciones anteriores.

Este apartado no se aplica a los bloques de materiales eléctricos de muy baja tensión que incorporan la fuente de energía y la carga, para los que existe una norma particular de producto que incluye los requisitos de seguridad eléctrica.

Notas:

■ Los requisitos particulares para las alimentaciones de los servicios de seguridad se dan en el capítulo J, apartado 14, página J/725 “Sistemas de alimentación ininterrumpida” del 3.er Volumen.

■ Deberán conservarse los requisitos del distribuidor antes de instalar un grupo generador en una instalación conectada a la red de distribución pública.

Se toman en consideración los grupos generadores asociados a las fuentes siguientes

■ Motores de combustión.
■ Turbinas.
■ Motores eléctricos.
■ Células fotovoltaicas.
■ Acumuladores electroquímicos.
■ Otras fuentes apropiadas.
■ Características eléctricas de los generadores considerados.
□ Generadores síncronos con excitación principal o separada.
□ Generadores asíncronos con excitación principal o autoexcitación.
□ Convertidores estáticos con conmutación forzada o con autoconmutación con posibilidades de conmutación o no.
■ Utilizaciones de los grupos generadores considerados:
□ Alimentación de instalaciones permanentes.
□ Alimentación de instalaciones temporales.
□ Alimentación de materiales móviles no conectados a una instalación fija permanente.

Requisitos generales

■ Los medios de excitación y de conmutación deben ser apropiados para la utilización prevista del grupo generador. La seguridad y el funcionamiento adecuado de otras fuentes de alimentación no deberá resultar perjudicado por el grupo generador.

Nota: Véase el apartado "Requisitos suplementarios para la instalaciones en las que el grupo generador puede funcionar en paralelo con la red de distribución pública", página L/161.

■ Las corrientes de cortocircuito y de defecto previstas deben ser valoradas para cada fuente o combinación de fuentes de alimentación, que puede funcionar independientemente de otras fuentes o combinaciones. La capacidad de soportar la energía de cortocircuito, de los dispositivos de protección, de los cortocircuitos en el interior de la instalación, cuando el material apropiado está conectado a la red de distribución pública, no deberá ser sobrepasado cualesquiera que sean los métodos previstos de funcionamiento de las fuentes.
■ Cuando el grupo generador está destinado a alimentar una instalación no conectada a la red de distribución pública, o como alternativa a la red de distribución pública, la potencia y las características de funcionamiento del grupo generador deberán ser tales que ningún peligro o daño pueda afectar a los materiales después de la conexión o desconexión de cualquier carga, que resulte de una desviación de la tensión o de la frecuencia en el margen de funcionamiento previsto. Deberán preverse los medios para desconectar automáticamente tales partes de la instalación, en cuanto se necesite, si se supera la potencia del grupo generador.

Notas:

■ Debemos prestar atención en ajustar la potencia de las cargas individuales con relación a la carga del grupo generador y a las corrientes de arranque del motor.
■ Debería prestarse atención al factor de potencia especificado para los dispositivos de protección de la instalación.
■ La instalación de un grupo generador en el interior de un edificio existente o de una instalación puede modificar las condiciones de influencias externas de una instalación, por ejemplo por la introducción de partes móviles, de partes a alta temperatura o por la presencia de gases nocivos.

ITC-BT-24

Protección contra los contactos directos e indirectos

■ Requisitos complementarios relativos a los esquemas MBT (ELV) a muy baja tensión, procuran a la vez una protección contra los contactos directos e indirectos en los casos en que la instalación está alimentada por más de una fuente.
Si un esquema MBTS (MBTS) (SELV) o MBTP (MBTP) (PELV) puede estar alimentado por más de una fuente, son aplicables a cada una de las fuentes los requisitos del apartado “Fuentes para MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TBTP) (PELV)”, página L/12.
Cuando una de las fuentes está conectada a tierra se aplican los requisitos de los apartados “Condiciones de instalación de los circuitos”, página L/12 y “Requisitos para circuitos MBTP (TBTP) (PELV)”, página L/13.
Si como mínimo una de las fuentes no cumple los requisitos del apartado “Fuentes para MBTS (TBTS) (SELV) y MBTP (TBTP) (PELV)”, página L/12, el esquema debe ser considerado como MBTF (MBTF) (SELV) y se aplican los requisitos del apartado “Condiciones de instalación de los circuitos”, página L/12.
■ Cuando es necesario mantener una alimentación MBT (ELV) en caso de pérdida de una o varias fuentes, cada fuente de alimentación o combinación de fuentes que puede funcionar independientemente de otras fuentes o combinación de fuentes deberá ser capaz de alimentar la carga destinada a ser alimentada por el esquema MBT.
Deberán tomarse medidas de forma que la desaparición de la alimentación correspondiente a la fuente de muy baja tensión no pueda entrañar peligro o incidente para los demás materiales de muy baja tensión.

Nota: Tales precauciones pueden ser necesarias para la alimentación de servicios de seguridad.

Protección contra los contactos indirectos

La protección contra los contactos indirectos deberá estar asegurada en la instalación teniendo en cuenta cada fuente o combinación de fuentes de la alimentación que puedan funcionar independientemente de las demás fuentes o de sus combinaciones:

ITC-BT-24-4-1

■ Protección por corte automático de la alimentación.
La protección por corte automático de la alimentación deberá ser realizada de conformidad al apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17, salvo en los casos particulares expresados en los próximos tres apartados.
■ Requisitos suplementarios para las instalaciones cuando el grupo generador es una alimentación alternativa a la red de distribución pública.
La protección por corte automático de la alimentación no deberá recaer sobre la conexión a la toma de tierra de la red de distribución pública cuando el generador está actuando como una alternativa al esquema TN. Deberá preverse de una toma de tierra apropiada.
■ Requisitos suplementarios para instalaciones que ubican convertidores estáticos.
Cuando la protección contra los contactos indirectos para ciertas partes de la instalación, alimentadas por el convertidor estático, recae sobre el cierre automático del conmutador y el funcionamiento de los dispositivos de protección por delante del conmutador, y no se efectúa en el tiempo especificado en el apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17, deberá realizarse una conexión equipotencial suplementaria entre las masas y los elementos conductores simultáneamente accesibles por detrás del convertidor estático, conforme al apartado “Conexión equipotencial complementaria”, página L/19.
La resistencia de los conductores de la conexión potencial suplementaria entre las partes conductoras simultáneamente accesibles deben satisfacer las siguientes condiciones, en función de cómo esté el cuerpo humano:

Seco $R \leq \frac{50}{I_a}$; Húmedo $R \leq \frac{25}{I_a}$; Mojado $R \leq \frac{12}{I_a}$.

I_a es la corriente máxima de defecto a tierra que puede ser suministrada por el único convertidor estático durante un tiempo como máximo de 5 segundos.

Nota: Cuando tal equipo está destinado a funcionar en paralelo con la red de distribución pública se aplican igualmente los requisitos del apartado "Requisitos suplementarios para la instalación en las que el grupo generador puede funcionar en paralelo con la red de distribución pública", página L/161.

■ Deberán tomarse precauciones o el material deberá elegirse de tal forma que el funcionamiento correcto de los dispositivos de protección no sean perturbados por las corrientes continuas generadas por el convertidor estático o por la presencia de filtros.
■ Requisitos suplementarios para la protección por corte automático de la alimentación cuando la instalación y el grupo generador no están fijados permanentemente.
Este apartado se aplica a los grupos generadores móviles y a los destinados a ser transportados a lugares no especificados para una utilización temporal de corta duración. Tales grupos generadores pueden ser parte de una instalación sometida a una utilización similar. No se aplica a las instalaciones fijas o permanentes.

Nota: Para las disposiciones de conexión apropiadas véase la IEC 60309.

■ Entre los elementos separados de un equipo, los conductores de protección deberán estar previstos formando parte de un cable o cordón adecuado que satisfaga la Tabla L3-032, página L/140. Todos los conductores de protección deberán estar conformes con el apartado 3.4.2. "Disposiciones de puesta a tierra e instalaciones equipotenciales de materiales de tratamiento de la información", página L/144.
■ En los esquemas TN, TT e IT deberá instalarse un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual asignada como máximo de 30 mA, conforme al apartado "Protección por corte automático de la alimentación", página L/17.

ITC-BT-22

Protección contra las sobreintensidades

■ Los medios de detección de sobreintensidades del grupo generador deben estar situados lo más cerca posible de los bornes del generador.

Nota: La contribución a la corriente de cortocircuito prevista por un grupo generador puede depender del tiempo y puede ser mucho menor que la debida a la red de distribución pública.

■ Cuando un grupo generador está destinado a funcionar en paralelo, las corrientes armónicas de circulación deberán estar limitadas de forma que la solicitación térmica de los conductores no sea sobrepasada.
■ Los efectos de las corrientes armónicas de circulación pueden estar limitados por uno de los medios siguientes:
□ Elección de grupos generadores que dispongan de arrollamientos de compensación.
□ Disposición de una impedancia adecuada en la conexión a los puntos en estrella del generador.
□ Disposición de interruptores que abran los circuitos de circulación y que estén enclavados de forma que, en ningún caso, se perjudique la protección contra los contactos indirectos.
□ Disposición de un equipo de filtrado.
□ Cualquier otro medio apropiado.

Nota: Conviene tener en cuenta la tensión máxima que podrá aparecer sobre la impedancia de conexión con el fin de limitar los armónicos de circulación.

Requisitos suplementarios para las instalaciones en las que los grupos generadores constituyen una alimentación alternativa a la red de distribución pública (sistema en espera)

■ Deberán tomarse precauciones que satisfagan los requisitos de seccionamiento del apartado 2.7. “Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando”, página L/73, de forma que el generador no pueda funcionar en paralelo con la red de distribución pública. Las precauciones apropiadas pueden ser:

□ Un enclavamiento eléctrico, mecánico o electromecánico entre los mecanismos de funcionamiento o los circuitos de mando de los dispositivos de inversión.

□ Un sistema de bloqueo con una sóla llave transferible.

□ Un conmutador de tres posiciones, de dos direcciones, sin solape.

□ Un dispositivo automático de conmutación con un enclavamiento apropiado cualquier otro medio que provea un grado equivalente de seguridad de funcionamiento.

■ En un esquema TN-S cuando el neutro no está seccionado, deberá instalarse un dispositivo de corriente diferencial-residual para evitar un funcionamiento incorrecto, debido a la existencia de una conexión entre neutro y tierra en paralelo.
Ver capítulo J, apartado 16, página J/789 “Aparamenta para múltiples alimentaciones” del 3.er Volumen.

Nota: Puede ser deseable en el esquema TN-S separar el neutro de la instalación del de la red de distribución pública con el fin de evitar perturbaciones tales como sobretensiones debidas al rayo.

Requisitos suplementarios para las instalaciones en las que el grupo generador puede funcionar en paralelo con la red de distribución pública

■ Deberán tomarse precauciones en el momento de la elección de un grupo generador destinado a funcionar en paralelo con la red de distribución pública, para evitar los efectos nocivos sobre la red de distribución pública o sobre otras instalaciones en función del factor de potencia, de las variaciones de tensión, de las distorsiones armónicas, de los desequilibrios, de los arranques, de los efectos de fluctuación de tensión o de sincronización. El distribuidor deberá ser consultado con el fin de ajustarse a sus requisitos particulares. Cuando es necesaria una sincronización es preferible utilizar sistemas automáticos de sincronización que tengan en cuenta la frecuencia, la fase y la tensión.

■ Deberá preverse una protección para desconectar el grupo generador de la red de distribución pública, en caso de pérdida de esta alimentación o de variaciones de la tensión o de la frecuencia en los bornes de la alimentación superiores a las declaradas para la alimentación normal.

El tipo de protección, su sensibilidad y el tiempo de respuesta dependen de la protección de la red de distribución pública y deben ser aprobados por el distribuidor.

■ Deberán preverse medios para evitar la conexión de un grupo generador a la red de distribución pública y deben ser aprobados por el distribuidor.

■ Deberán preverse medios para evitar la conexión de un grupo generador a la red de distribución pública si la tensión y la frecuencia de la red están fuera de los límites de funcionamiento previstos en el apartado anterior.

■ Deberán preverse medios para permitir al grupo generador ser separado de la red de distribución pública. Estos medios deberán ser accesibles a la distribución en todo momento.

■ Cuando un grupo generador puede funcionar igualmente como alternativa a la red de distribución pública, la instalación debe satisfacer el apartado “Requisitos suplementarios para las instalaciones en las que los grupos generadores constituyen una alimentación alternativa a la red de distribución pública (sistemas en espera)”, al principio de esta página.

ITC-BT-28-2

3.7. Alimentación para los servicios de seguridad

■ Un servicio de seguridad debe funcionar, en caso de incendio, atendiendo las siguientes especificaciones:
□ Para los servicios de seguridad la fuente debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo apropiado.
□ Para que los servicios de seguridad funcionen en caso de incendio los materiales deben presentar, por construcción o por instalación, una resistencia al fuego de duración apropiada.
Las fuentes de seguridad son (generalmente) complementarias a las fuentes normales. Ver capítulo J, apartado 14, página J/725 “Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida” del 3.er Volumen.

Nota: La fuente normal es generalmente la red de distribución pública.

■ Se elegirán preferentemente las medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto. En el esquema IT debe preverse un controlador permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.
■ Los materiales deberán disponerse de forma que se facilite la verificación periódica, los ensayos y el mantenimiento.

ITC-BT-28-2-2

Fuentes

Nota: Las baterías de arranque de los vehículos no satisfacen, por regla general, las prescripciones de alimentación para servicios de seguridad.

■ Las fuentes para servicios de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de tal forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal.
■ Las fuentes para servicios de seguridad deben estar instaladas en un emplazamiento apropiado y ser accesibles solamente a las personas cualificadas o expertas. Este apartado no se aplica a los equipos autónomos.
■ El emplazamiento de las fuentes debe estar convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.
■ Las derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública no son admitidas, salvo si asegura que las dos fuentes no puedan fallar simultáneamente.
■ No debe ser utilizada para otros usos una sola fuente para los servicios de seguridad. Sin embargo, cuando se dispone de varias fuentes pueden ser utilizadas como fuentes de reemplazamiento, con la condición de que en caso de fallo de una de ellas, la potencia todavía disponible sea suficiente para garantizar la puesta en servicio y el funcionamiento de todos los servicios de seguridad, siendo necesario, generalmente, el corte automático de los materiales no concernientes a la seguridad. Un corte de una derivación por un dispositivo de protección no debe afectar al ramal de la fuente de seguridad. Este apartado no se aplica a los equipos autónomos.

Circuitos

■ Los circuitos de los servicios de seguridad deben ser independientes de cualquier otro circuito.

Nota: Esto significa que un defecto eléctrico, una intervención sobre un circuito o una modificación de éste no debe afectar al funcionamiento correcto del otro. Ello puede necesitar una separación por materiales resistentes al fuego, de diferentes recorridos envolventes.

■ Los circuitos de los servicios de seguridad no deben atravesar emplazamientos que presenten riesgos de incendio a menos que sean resistentes al fuego.

En ningún caso deben atravesar emplazamientos que presenten riesgos de explosión.

Nota: conviene evitar, en la medida de lo posible, que tales circuitos atraviesen locales que presenten riesgo de incendio.

■ La protección sobre las sobrecargas del apartado “Protección contra las corrientes de sobrecarga”, página L/47, puede omitirse.
■ Los dispositivos de protección contra las sobreintensidades deben ser elegidos e instalados de forma que eviten que una sobreintensidad en un circuito no afecte al funcionamiento correcto de los demás circuitos de los servicios de seguridad.
■ Los dispositivos de protección y de mando deben estar claramente identificados y agrupados en emplazamientos accesibles solamente a personas cualificadas o expertas.

ITC-BT-28-3-4

■ Los dispositivos de alarma deben estar claramente identificados.

Materiales de utilización

■ En las instalaciones de alumbrado, los tipos de lámparas deben ser compatibles con la duración de la conmutación, con el fin de mantener el nivel de iluminación especificado.
■ En los materiales alimentados por dos circuitos diferentes, un defecto que se produzca en un circuito no debe afectar la protección contra los choques eléctricos y el funcionamiento correcto del otro circuito; estos materiales deben ser conectados a los conductores de protección de cada uno de los circuitos, si fuese preciso.

Prescripciones particulares para los servicios de seguridad con fuentes que no pueden funcionar en paralelo

■ Deben tomarse todas las precauciones posibles para evitar la puesta en paralelo de fuentes, por ejemplo, por medio de enclavamiento mecánico.
■ La protección contra cortocircuitos, y contra contactos indirectos debe garantizarse por cada una de las fuentes.

Prescripciones particulares para los servicios de seguridad con fuentes que pueden funcionar en paralelo

Nota: El funcionamiento en paralelo de fuentes independientes necesita normalmente el acuerdo de los distribuidores de energía eléctrica. Éstos pueden exigir dispositivos especiales, por ejemplo, una protección por retorno de potencia.

■ La protección contra los circuitos y la protección contra los contactos indirectos deben estar aseguradas, tanto cuando la instalación está alimentada separadamente por una de las dos fuentes, como por las dos fuentes en paralelo.
■ Se tomarán precauciones para limitar, si fuera necesario, la corriente que circula en las uniones de los puntos neutros de las fuentes, en particular, en lo que se refiere al efecto del tercer armónico.

ITC-BT-09

3.8. Luminarias e instalaciones de alumbrado

En este capítulo trataremos de la elección de las luminarias y de su instalación en términos generales, ver IEC 60598.
Las instalaciones de alumbrado para funciones determinadas las expondremos en el momento de especificar las instalaciones para estas funciones determinadas.

Protección contra los efectos térmicos

■ En la elección de luminarias en función del efecto térmico en su entorno debemos tener en consideración:

□ La potencia máxima admisible que puede disipar la lámpara.
□ La resistencia al fuego de los materiales de su entorno próximo en función del emplazamiento y de la naturaleza de las zonas afectadas.
□ La distancia mínima entre las luminarias y los materiales combustibles, y comprende los trazados pintados de los "spots".
■ Deben ser elegidas en función de la resistencia al fuego de los materiales donde debe ser emplazada y del comportamiento térmico del entorno, atendiendo y respetando las características técnicas facilitadas por el constructor.
Ver capítulo J, apartado 20, página J/927 "Aparamenta para circuitos de alumbrado" del 3.er Volumen.

Canalizaciones

■ Si se instalan luminarias suspendidas, los soportes deben ser capaces de aguantar cinco veces el peso de la luminaria y como mínimo 25 kg. El cable entre el dispositivo de suspensión y la luminaria debe ser instalado de forma que no sufra esfuerzos y torsiones que puedan degradar el conductor o las conexiones.
■ Si cables o conductores aislados son emplazados en el interior de la luminaria por el instalador, estos cables deben atender a las características descritas en el párrafo siguiente.
■ Los conductores deben ser elegidos de conformidad a la temperatura de trabajo de la luminaria y de la siguiente forma:
□ Para luminarias de conformidad a la norma IEC 60598 sin indicación de la temperatura de referencia de los conductores.
□ Para luminarias de conformidad a la norma IEC 60598 con indicación de la temperatura de referencia de los conductores. Deben utilizarse conductores según indicación.
□ Para luminarias sin conformidad a la IEC 60598. Deben atenderse las indicaciones del constructor.
□ En ausencia de información, se deben utilizar conductores de conformidad a la IEC 60245-3 o análogos.

Nota: Pueden utilizarse refuerzos locales de aislamiento resistentes a la temperaturas.

■ La agrupación de luminarias, repartidas en las tres fases de un sistema trifásico con neutro, deben ser consideradas como cargas trifásicas.

Aparamenta independiente de las luminarias, por ejemplo los balastos

Se debe marcar en el exterior de la luminaria el símbolo del material que ubica.

Nota: El símbolo generalmente reconocido es el de un balasto independiente, tipo 5138 de la IEC 60417.

Condensador de compensación

Los condensadores de compensación de valor total superior a 0,5 mF no deben utilizarse sin resistencia de descarga.

Protecciones de las luminarias contra los choques eléctricos

La protección contra los choques eléctricos puede ser por:
■ Una alimentación TBTS.
■ Una protección por corte automático de la alimentación a través de un interruptor DDR de valor asignado máximo de 30 mA.

Efecto estroboscópico

Para el alumbrado de locales que ubiquen máquinas con partes en movimiento se debe tener en cuenta el efecto estroboscópico, para poder definir perfectamente la situación de las partes en movimiento de una impresión ambigua. Estos efectos se pueden solucionar con la elección de un equipo adaptado a la luminaria.

4. Prescripciones para los emplazamientos especiales

Presentación

Las prescripciones particulares se basan en el espíritu de los documentos correspondientes de la normativa UNE, UNE-EN o IEC. La exposición actual no pretende sustituir la normativa, sino poder presentar una visión conjunta de todas las normas que afectan a estos casos. La normativa tiene una actualización constante que esta obra no dispone, por tanto siempre se deberá consultar la normativa vigente en el momento de efectuar cualquier utilización.

Instalaciones eléctricas de alumbrado

4.1. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de alumbrado exterior.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-714. UNE 20460-7-714. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 714: instalaciones de alumbrado exterior. Primera edición 1996-04.

4.2. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS).
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-715. UNE 20460-7-714. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 715: instalaciones de alumbrado a muy baja tensión. Primera edición 1999-05.

Instalaciones eléctricas en zonas mojadas o húmedas

4.3. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales con un baño o ducha.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-701. UNE 20460-7-701. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 701: locales conteniendo una bañera o una ducha. Primera edición 1984.

4.4. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en piscinas, fuentes, etc.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-702. UNE 20460-7-702. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 702: piscinas y otros estanques, fuentes. Segunda edición 1997-11.

4.5. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-703. UNE 20460-7-703. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 703: locales que ubican radiadores para saunas. Primera edición 1984.

4.6. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en marinas fijas y barcos de recreo.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-709. UNE 20460-7-709. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 709: marinas y barcos de recreo. Primera edición 1994-09.

Instalaciones eléctricas en viviendas

4.7. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en viviendas.
Basadas en el espiritu de la norma UNE 20201: instalaciones eléctricas en viviendas unifamiliares.

Instalaciones eléctricas en locales receptores de público

4.8. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales destinados al uso médico.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 64/747/FDIS. UNE 20460-7-710. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 710: locales de uso médico. Primera edición 1995-06.

4.9. Prescripciones particulares para las puestas a tierra de instalaciones de materiales de tratamiento de la información.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-701. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 707: puestas a tierra de las instalaciones con equipos de procesos de datos. Primera edición 1984.

Instalaciones eléctricas en función de la actividad

4.10. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-717. UNE 20460-7-717. Instalaciones eléctricas en edificios. Unidades móviles o transportables.

4.11. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV).
Basadas en el espítitu de la norma IEC 60364-7-712. UNE 20460-7-712. Instalaciones eléctricas en edificios. Alimentaciones fotovoltaicas (PV).

Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

4.12. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en recintos reducidos y conductores.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-706. UNE 20460-7-706. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 706: recintos conductores pequeños. Primera edición 1983.

4.13. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en el mobiliario.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-713. UNE 20460-7-713. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 713: mobiliario. Primera edición 1996-02.

Instalaciones eléctricas al aire libre

4.14. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-708. UNE 20460-7-708. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 708: instalaciones eléctricas en parques de caravanas y caravanas. Primera edición 1988-04.

4.15. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en establecimientos agrícolas, hortícolas y ganadería.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-714. UNE 20460-7-714. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 705: instalaciones eléctricas en establecimientos agrícolas y hortícolas. Primera edición 1984.

Instalaciones eléctricas provisionales

4.16. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas para obras y derribos.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-704. UNE 20460-7-704. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 704: instalaciones en obras. Primera edición y primera enmienda 1999-05.

4.17. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en exposiciones, espectáculos y casetas.
Basadas en el espíritu de la norma IEC 60364-7-711. UNE 20460-7-711. Instalaciones eléctricas en edificios. Sección 711: exposiciones, espectáculos y stands. Primera edición 1998-03.

Instalaciones eléctricas de alumbrado

ITC-BT-38

4.1. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de alumbrado exterior

El presente capítulo trata de las prescripciones particulares para instalaciones exteriores fijas de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado, en el ámbito de los dos grupos siguientes:
■ Grupo A. Las carreteras, las calles, las plazas, los parques, los jardines, lugares públicos, campos de deporte, el alumbrado de monumentos...
■ Grupo B. Las cabinas telefónicas, paradas de autobuses, paneles publicitarios, planos de las ciudades, indicación de calles...
No son aplicables a los alumbrados que derivan de la red pública u otra, para servicios públicos y son controlados por entes públicos responsables de sus medidas de seguridad, tales como:
■ Los alumbrados temporales ornamentales o conmemorativos.
■ Los alumbrados de señalización y control de las vías públicas.
■ Los alumbrados fijos al exterior de un edificio alimentados desde el interior del mismo.
Para el alumbrado de piscinas y fuentes ver el apartado 4.4. “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes”, página L/177.

4.1.1. Conceptos

Origen de las instalaciones de alumbrado exterior

El origen de las instalaciones de alumbrado exterior es el punto donde se suministra la energía eléctrica, o el origen de la red de alimentación exclusiva de la instalación de alumbrado exterior.

Luminaria

Aparato destinado a repartir, filtrar o transformar el flujo luminoso de una o varias lámparas; comprendiendo, en excepción de las propias lámparas, todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y circunstancialmente los circuitos auxiliares para poder conectarlas a la alimentación.

4.1.2. Determinación de las características generales

Clasificación de las influencias externas

Las influencias externas relativas a la temperatura son consecuencia de la climatología de cada zona. Podemos realizar una recomendación de clases en términos generales:
■ Temperatura ambiente AA 2 y AA 4 (de –40 a +40 ºC).

■ Condiciones climáticas: AB 2 y AB 4 (humedad relativa entre 5 y 100%).
Las siguientes indicaciones son en términos de mínimos:
■ Presencia de agua: AD 3 (aspersión de agua).
■ Presencia de cuerpos sólidos: AE 2 (pequeños objetos).
La aplicación de otras categorías depende de las condiciones ambientales locales.

Nota: Otras clases de influencias tales como: la corrosión, los choques mecánicos, el filtrado de los rayos solares, etc., pueden ser aplicadas en las circunstancias apropiadas.

4.1.3. Protección para asegurar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos

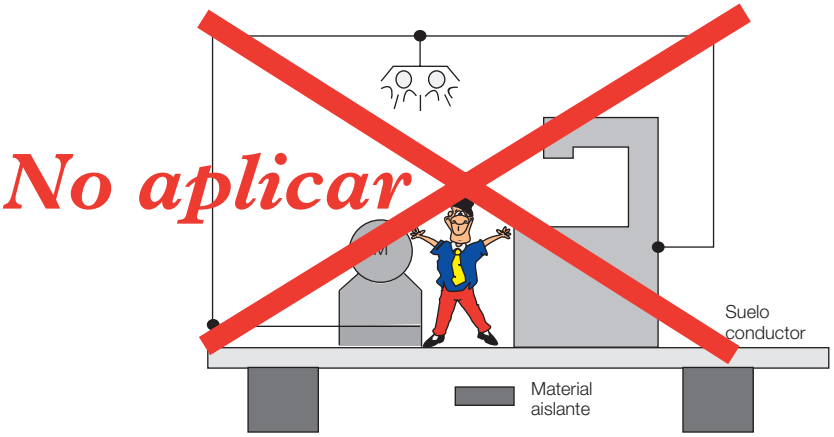
Las partes activas de los materiales eléctricos deben ser protegidos por aislamiento o por medio de barreras o envolventes contra todo contacto directo, fortuito o no.
Los armarios que ubicarán las partes activas accesibles, deberán poderse cerrar por medio de una llave o un útil. Además, una seguridad contra los contactos directos debe ser instalada para cuando la puerta esté abierta, bien sea utilizando material con un grado de protección IP2X o IPXXB, bien sea por la interposición de una barrera o envolvente que asegure el mismo grado de protección.

ITC-BT-09-9

Para las luminarias situadas a una altura inferior a 2,8 m del suelo, el acceso a la fuente luminosa no debe ser posible sin tener que desplazar una barrera o una envolvente con el empleo de un útil.

Protección contra los contactos indirectos

Las protecciones según los apartados “Protección en los locales o emplazamientos no conductores”, página L/27, y “Protección mediante enlaces equipotenciales en locales no conectados a tierra”, página L/28, no se pueden utilizar.
Ver capítulo G, página G/55 “Protección en los locales (o emplazamientos) no conductores”. Ver capítulo G, página G/56 “Protección mediante enlaces equipotenciales, locales no conductores” del 2.° Volumen.



■ Protección por corte automático de la alimentación.
No es necesario unir al borne de tierra las estructuras metálicas (tales como vallas, rejas, etc.), situadas a la proximidad, si no forman parte de la instalación de alumbrado exterior:

□ Grupo de instalaciones A. Si la instalación se realiza en esquema TT y si la resistencia de la toma de tierra es suficientemente baja, la protección por fusibles o interruptores automáticos es utilizada preferentemente. La protección por dispositivos de corriente diferencial residual al origen de la instalación puede provocar, en caso de defecto en un aparato, el corte de la alimentación, el cual puede crear un riesgo en la seguridad del tránsito.
□ Grupo de instalaciones B. Se recomienda proteger los materiales con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad asignada de 30 mA; el alumbrado del grupo B es menos importante en relación a la seguridad del tránsito y a la par proporciona una protección complementaria a los contactos directos.
■ Protección por empleo de materiales de Clase II y por aislamiento equivalente a lo largo de la instalación.

Nota: Se considera que las exigencias para la utilización de materiales de Clase II se satisfacen si la envolvente metálica de las canalizaciones es separada de las partes conductoras del armazón (báculo, columna, poste, etc.) utilizando materiales aislantes, por ejemplo tubos o canaletas.

Ningún conductor de protección debe ser previsto y las partes conductoras de los báculos, columnas o postes deben ser puestas a tierra intencionadamente.

4.1.4. Elección e instalación de materiales eléctricos

Reglas comunes

Los materiales eléctricos deben poseer, por construcción o por instalación, el grado de protección IP33.

Nota: Puede ser necesario en algunos casos, por razones de funcionalidad o de limpieza, prescribir grados de protección superiores.

Grados de protección IP23 son suficientes para las luminarias; y si las luminarias se encuentran a más de 2,5 m del suelo, el riesgo de polución es pequeño en las zonas residenciales y rurales.
Las prescripciones de construcción y de seguridad de las luminarias se determinan en la IEC 60598. UNE-EN 60598:
■ Choques mecánicos.
Los conductos, o los dispositivos de advertencia de líneas o los ladrillo (baldosas) utilizados para la protección de los cables de alimentación del alumbrado exterior, deben ser marcados o codificados con colores a fin de facilitar su identificación y deben ser distintos de otros servicios.
■ Caída de tensión.
La caída de tensión en servicio normal debe ser compatible con la corriente de encendido de las lámparas.

ITC-BT-36

4.2. Prescripciones eléctricas para instalaciones de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS)

4.2.1. Conceptos

Las prescripciones particulares de este capítulo son aplicables a las instalaciones de alumbrado a MBT, alimentadas por fuentes con una tensión de salida máxima de 50 V eficaces en CA, y 120 V CC, alisada.

Nota: La definición de características de la aparamenta de alumbrado a MBT corresponde a la norma IEC 60598. UNE-EN-60598.

4.2.2. Protección para garantizar la seguridad

Protección contra los contactos directos e indirectos

■ Para las instalaciones de alumbrado de MBT se deben aplicar las prescripciones correspondientes a circuitos MBTS. Si se utilizan conductores desnudos según el apartado de este capítulo "Conductores desnudos", página L/171, la tensión máxima de utilización debe ser de 24 V eficaces en CA, y 60 V CC, alisada, de conformidad al tercer párrafo del apartado "Requisitos para los circuitos MBTP (TBTP) (PELV)", página L/13.
■ Los transformadores de seguridad deben ser conformes a la IEC 61558-2-6. UNE-EN 61558-2-6.
■ Las fuentes MBTF (TBTS) (SELV) deben estar fijadas.
■ El funcionamiento en paralelo de transformadores en el circuito secundario no se admite, si no funcionan también en paralelo en el primario y que los transformadores sean de características eléctricas idénticas.

Protección contra las sobreintensidades

■ Los circuitos MBTF deben ser protegidos contra las sobreintensidades, bien sea por un dispositivo de protección común, bien sea por un dispositivo de protección para cada circuito MBTF, de conformidad al apartado 2.3. "Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades", página L/45.

Nota: Si utilizamos la protección desde el primario debemos tener en consideración la corriente magnetizante del transformador.

■ El dispositivo de protección contra las sobreintensidades no debe ser del tipo autorrearmable.

Nota: La protección contra las sobreintensidades puede asegurarse con un dispositivo de protección de conformidad al segundo párrafo del apartado "Riesgo de incendio por un cortocircuito", página L/171.

4.2.3. Aplicación de las medidas de protección para asegurar la seguridad

Seccionamiento y mando

Si los transformadores funcionan en paralelo, el circuito primario debe ser unido permanentemente a un dispositivo de seccionamiento común.

Protección contra incendio

Naturaleza de los materiales tratados

Las instrucciones del constructor deben ser aplicadas, particularmente por la instalación frente a superficies inflamables (ver apartado 3.8. "Luminarias e instalaciones de alumbrado", página L/163.

Riesgo de incendio de transformadores y convertidores

■ Los transformadores deben ser:
□ Protegidos desde el primario por un dispositivo de protección según el segundo párrafo del apartado "Riesgo de incendio por un cortocircuito", página L/171.
□ Transformadores resistentes a los cortocircuitos (por construcción o no), de conformidad a la IEC 61558-2-6, UNE-EN 61558-2-6.
■ Los convertidores electrónicos deben ser de conformidad a la IEC 61046 y al apartado 23.7.6 de la IEC 60598-2-23, UNE-EN 60598.

Nota: Es recomendable que los convertidores utilizados lleven la marca 

.

Riesgo de incendio por un cortocircuito

■ Si los conductores del circuito son desnudos, los circuitos deben ser:
□ Vigilados por un dispositivo de protección de conformidad al segundo punto de este apartado (dispositivos específicos de protección...).
□ Alimentados por un transformador conforme a la IEC 61558-2-6, UNE-EN 61558-2-6, o por un convertidor de potencia no superior a 200 VA.
□ Por sistemas conformes a la IEC 60598-2-23, UNE-EN 60598-2-23.
■ Los dispositivos específicos de protección contra los incendios o a un calentamiento deben satisfacer las siguientes prescripciones:
□ Vigilancia permanente de la demanda de potencia de las luminarias.
□ Corte automático del circuito de alimentación en menos de 0,3 s en caso de cortocircuito o defecto que comporte aumentar la potencia a más de 60 W.
□ Corte automático y reducción de potencia en el circuito de alimentación (por ejemplo: por mando de puerta o procesos de regulación o defecto de la luminaria), en caso de cortocircuito o defecto que comporte aumentar la potencia a más de 60 W.
□ Corte automático en caso de puesta bajo tensión de un circuito de alimentación en presencia de un defecto, que comporte aumentar la potencia a más de 60 W.
□ El dispositivo de protección particular debe ser de seguridad.

4.2.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Canalizaciones

Tipo de canalizaciones

■ Deben utilizarse las siguientes canalizaciones:
□ Conductores aislados o enfundados.
□ Cables.
□ Cables flexibles o cordones.
□ Sistemas por alumbrado de MBT conformes a la IEC 60598, UNE-EN 60598.
□ Sistemas de alimentación eléctrica por raíl conformes a la IEC 60570.
■ Si partes de la instalación de alumbrado a MBT son accesibles, se aplican las prescripciones del apartado “Protección contra las quemaduras”, página L/44.
■ Las partes metálicas de los edificios, por ejemplo conducciones o partes del mobiliario, no deben ser utilizadas como conductores activos.

ITC-BT-06-1.1.2/3.2
ITC-BT-36-3

Conductores desnudos

■ Si la tensión asignada no es superior a 25 V eff. CA o 60 V CC, alisada, los conductores desnudos pueden utilizarse; si se cumplen las siguientes condiciones:
□ Que la instalación de alumbrado sea concebida e instalada de forma que el riesgo de cortocircuito prácticamente no exista.
□ Que los conductores utilizados tengan como mínimo una sección de 4 mm^2, para efectos de robustez mecánica.
□ Que los conductores o hilos no sean situados en contacto con superficies de materiales combustibles.
■ Para los conductores desnudos suspendidos, por lo menos un conductor y los bornes, deben ser aislados, en la parte comprendida entre el transformador y el elemento de protección, con el fin de evitar un cortocircuito.

Sistemas suspendidos

■ Los dispositivos de suspensión de las luminarias y los cables de suspensión deben poder soportar 5 veces el peso de las luminarias a suspender y por lo menos 10 kg.

■ Las conexiones de los conductores deben ser realizadas por bornes a tornillo o por fijaciones sin tornillo de conformidad a la IEC 60998-2-1 y 2-2, UNE-EN 60998-2-1 y 2-2.
■ Las fijaciones por taladro del aislamiento y contrapesos colgados por hilos no deben utilizarse.
■ Los sistemas suspendidos deben fijarse a los muros o tabiques por piezas de separación aisladas y deben ser accesibles permanentemente a lo largo de todo el recorrido.

Sistemas de alimentación eléctrica de luminarias por raíl
Los sistemas de alimentación eléctrica de luminarias por raíl deben ser de conformidad a la IEC 60570, UNE-EN 60570.

Corrientes admisibles
Las corrientes admisibles por los conductores desnudos está en estudio por la IEC.

Secciones de los conductores
La sección mínima de los conductores de alimentación en MBT debe ser:
■ 1,5 mm^2 en cobre para las conducciones descritas, pero si se trata de cables flexibles para longitudes de hasta 3 m , una sección de 1 mm^2 en cobre puede ser suficiente.
■ 4 mm^2 en cobre para cables flexibles suspendidos o de conductores aislados, por razones de esfuerzos mecánicos.

ITC-BT-09-3

Caída de tensión en la instalación
Para las instalaciones de alumbrado a MBT se debe tener una atención particular a las caídas de tensión.

Otros materiales fijos
■ Las luminarias deben ser de conformidad a la IEC 60598, UNE-EN 60598.
■ Los dispositivos de protección de los circuitos MBTS deben ser incorporados en las fuentes de corriente donde deben ser fijados.
■ Los dispositivos de protección deben ser fácilmente accesibles.
■ Los dispositivos de protección pueden ser situados debajo de falsos plafones desmontables, fácilmente accesibles, si una señalización visibles indica la presencia del emplazamiento de los dispositivos de protección.
■ Si la identificación de un dispositivo de protección no es inmediatamente evidente, una indicación o un marcaje próximo al dispositivo de protección debe identificar el circuito.
■ Los transformadores, dispositivos de protección o materiales análogos, instalados en los falsos plafones o emplazamientos análogos, deben ser fijados sobre una parte fija y conectados de forma permanente.

Símbolos utilizados específicamente
■ Transformador resistente a los cortocircuitos (por construcción o por la incorporación de un dispositivo) (IEC 61558-2-6).


Transformador de seguridad 5221

■ Luminaria con temperatura de superficie limitada.



■ Luminaria apropiada para ser montada directamente sobre superficies ininflamables (IEC 60598).



■ Balasto independiente, símbolo 5138 de la IEC 60417.



Aparato auxiliar independiente de iluminación 5138

■ Convertidor con limitación de temperatura a 110 ºC.



Instalaciones eléctricas en zonas mojadas o húmedas

4.3. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales con un baño o una ducha

Deberán realizarse según lo establecido en la norma IEC 60364-7-701, UNE 20460-7-701 y la ITC-BT-27 del reglamento de BT.

4.3.1. Conceptos



Las prescripciones tenen por objeto principal la protección del usuario contra los choques eléctricos. Deberán cumplirse todos los requisitos del apartado 2.1. “Medidas de protección contra los choques eléctricos”, página L/11, como parte general, y las especiales descritas en este capítulo en función de la resistencia del cuerpo humano en el uso de los servicios de la sala.
Distinguiremos zonas de riesgo, en función de las cuales especificaremos las protecciones de la instalación y la misma instalación.

Clasificación de los volúmenes

Volumen 0
Es el espacio interior de la bañera o de la ducha.

Volumen 1

Es el espacio limitado por:

■ El perímetro circundante a la bañera o al plato de ducha (en el caso de que no existiera plato de ducha, se considera el perímetro a 0,6 m del entorno del difusor fijo de la ducha).

■ El volumen comprendido en el perímetro descrito, el suelo y el plano de un techo a 2,25 m del suelo.

Volumen 2

Es el espacio limitado por:

■ Un perímetro a 0,6 m del entorno del definido en el volumen 1.

■ El volumen comprendido en el perímetro descrito, el suelo y el plano de un techo a 2,25 m del suelo (el mismo que el volumen 1).

Volumen 3

Es el espacio limitado por:

■ Un perímetro a 2,4 m del entorno del definido en el volumen 2.

■ El volumen comprendido en el perímetro descrito, el suelo y el plano de un techo a 2,25 m del suelo (el mismo que los volúmenes 1 y 2).

Las dimensiones se medirán teniendo en cuenta los muros y las paredes fijas.

Bañeras

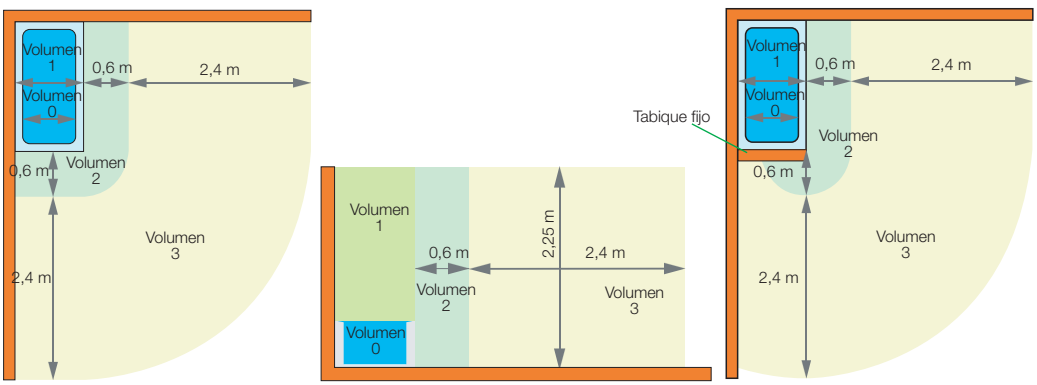


Fig. L4-001: *volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con bañeras.*

Duchas con plato

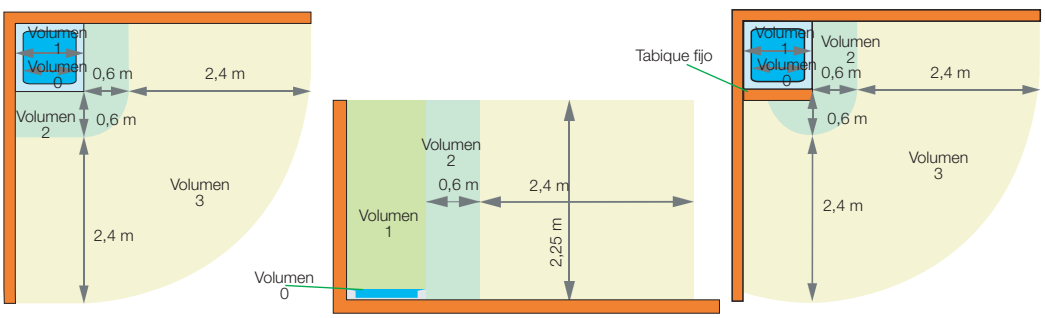


Fig. L4-002: *volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con platos de ducha.*

Duchas sin plato (difusor ducha fijo)

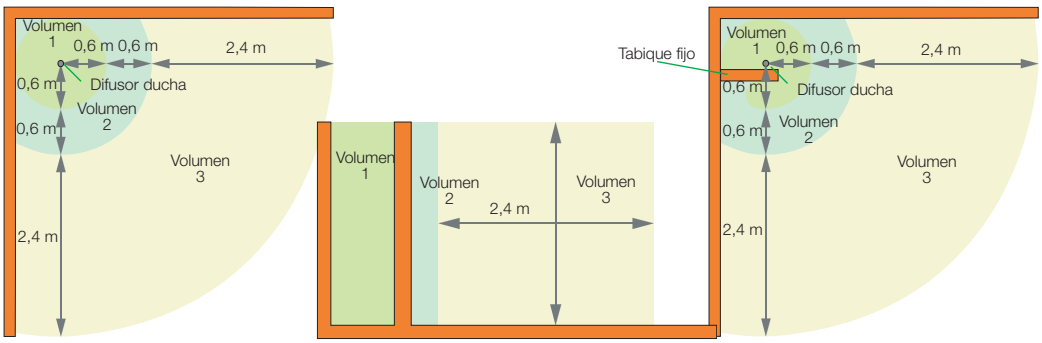


Fig. L4-003: *volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con ducha sin plato, a partir del difusor de ducha fijo.*

L
4

Cabinas de ducha prefabricadas

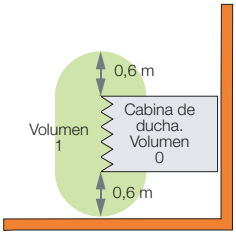


Fig. L4-004: *volúmenes de influencia en la seguridad, en locales con cabinas de ducha prefabricadas.*

4.3.2. Protección para asegurar la seguridad

Si alimentamos el espacio con fuentes de MBTS, la protección contra los contactos directos, cualquiera que sea la tensión, debe ser asegurada:

■ Por medio de barreras o envolventes que presenten por lo menos un grado de protección IP2X.

■ Por medio de un aislamiento de las partes activas capaz de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante 1 minuto.

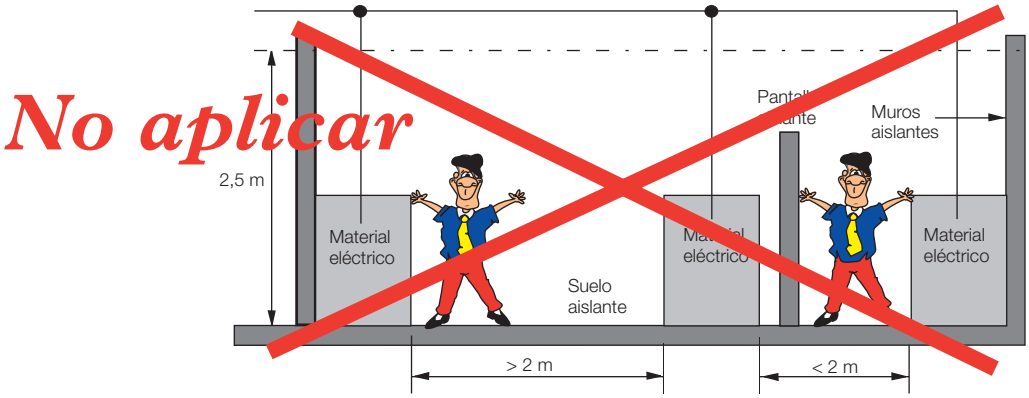
Uniones equipotenciales suplementarias

Una unión equipotencial suplementaria debe realizarse entre todas las masas conductoras de los volúmenes 1, 2 y 3.

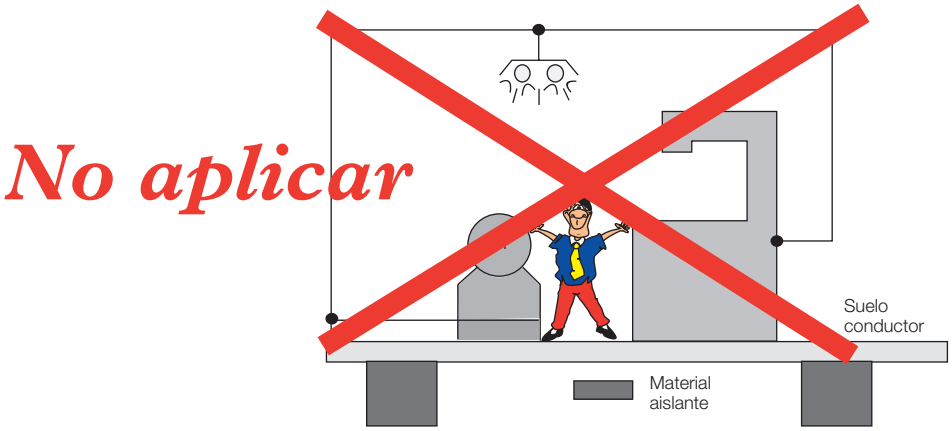
Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos:

■ En el volumen 0 sólo se permiten medidas de protección a MBT de máximo 12 V CA y la fuente de alimentación debe estar fuera del volumen.

■ Las medidas de protección contra los contactos directos por medio de obstáculos o alejamiento, correspondientes al apartado “Aislamiento fluido”, página L/15, no se pueden aplicar.



■ Las medidas de protección contra los choques eléctricos en locales no conductores, apartados “Protección en los locales o emplazamientos no conductores”, página L/27 y “Protección mediante enlaces equipotenciales en locales no conectados a tierra”, página L/28, no deben utilizarse.



4.3.3. Elección e instalación de materiales eléctricos

ITC-BT-27
Tabla 1

Reglas comunes

Los materiales eléctricos deben poseer por lo mínimo el siguiente grado de protección:

■ En el volumen 0: IPX7.
■ En el volumen 1: IPX5.
■ En el volumen 2: IPX4.
■ En el volumen 3: IPX1.

Canalizaciones

■ Las siguientes prescripciones se aplican a las canalizaciones vistas o empotradas a un máximo de profundidad de 5 cm.
■ Las canalizaciones deben ser aislantes y cumplir las condiciones del apartado “Protección empleando materiales de Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25, y no deben llevar ningún revestimiento metálico.

Nota: Denominamos canalizaciones a las conducciones con cables aislados dentro de tubos o canaletas aislantes.

■ En los volúmenes 0, 1 y 2 las canalizaciones deben limitarse a las necesarias para la alimentación de los materiales instalados en ellas.
■ Las cajas de conexión no deben estar situadas en los volúmenes 0, 1 y 2.

Aparamenta

a) En los volúmenes 0, 1 y 2 no se debe instalar ningún aparato.

Nota: Los cordones aislantes, correspondientes a mandos de interruptores, son admitidos en los volúmenes 1 y 2, a condición que cumplan la norma IEC 60669-1, UNE-EN 60669-1: interruptores para instalaciones eléctricas domésticas fijas o análogas. Primera parte: prescripciones generales.

En el volumen 3 se admiten zócalos de tomas de corriente a condición de que:
■ Sean alimentados individualmente por un transformador de separación de conformidad al apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28.
■ Sean alimentadas con MBTS, de conformidad al apartado “Limitación de la tensión”, página L/12.
■ Sean protegidas por un interruptor a corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn como mínimo de 30 mA.
b) Ningún interruptor o toma de corriente debe situarse a menos de 0,6 m de la puerta abierta de una cabina de ducha prefabricada.

Otros materiales fijos

■ Estas prescripciones no se aplican a los aparatos alimentados con MBTS de conformidad al apartado “Limitación de la tensión”, página L/12, y al apartado 4.3.2. “Protección para asegurar la seguridad”, página L/175.
■ En el volumen 0 solamente se pueden instalar materiales autorizados para el uso en bañeras.
■ En el volumen 1 sólo se pueden instalar calentadores eléctricos.
■ En el volumen 2 sólo se pueden instalar calentadores eléctricos y luminarias de Clase II.
■ Elementos de calefacción enterrados en el suelo, destinados a la calefacción del local, se pueden instalar en todos los volúmenes, bajo un mallado metálico de equipotencialidad, según el apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175.

ITC-BT-31

4.4. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes

Deberán realizarse según lo establecido en la norma IEC 60364-7-702, UNE 20460-7-70 y la ITC-BT-31 del reglamento de BT.

4.4.1. Conceptos

Estanques y fuentes

Debemos distinguir dos niveles:
■ Los no destinados para que las personas los puedan ocupar.
■ Los destinados a que las personas los puedan ocupar. Éstos tendrán el mismo tratamiento que las piscinas.

4.4.2. Determinación de las características generales

Clasificación de las influencias externas

04 Las presentes prescripciones se fundan en la determinación de tres volúmenes de influencia:
■ En piscinas. Las dimensiones de los volúmenes están limitados por los tabiques o muros fijos.

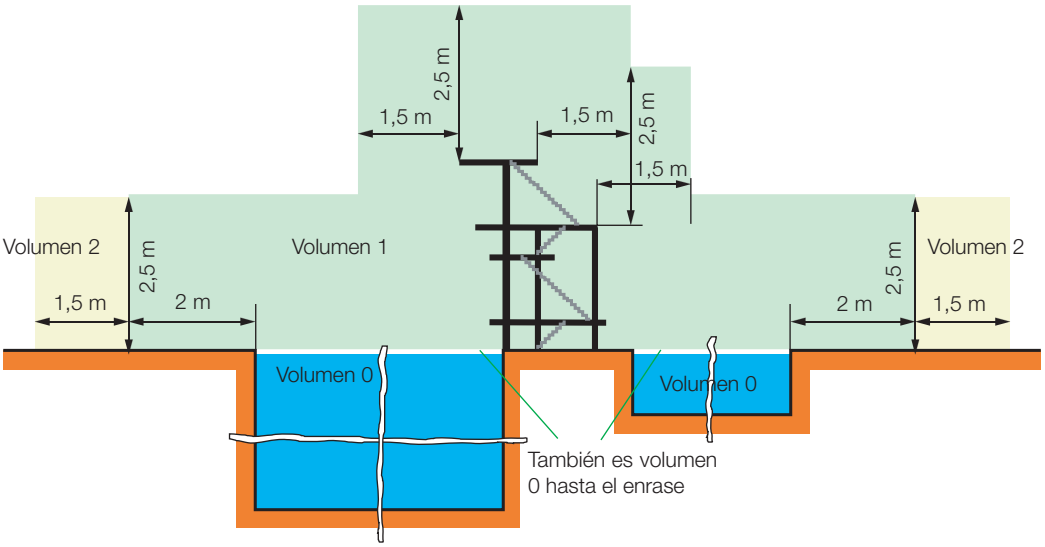


Fig. L4-005: *dimensiones de los volúmenes de protección en las piscinas y pediluvios.*

■ En fuentes, estanques o receptáculos de agua.

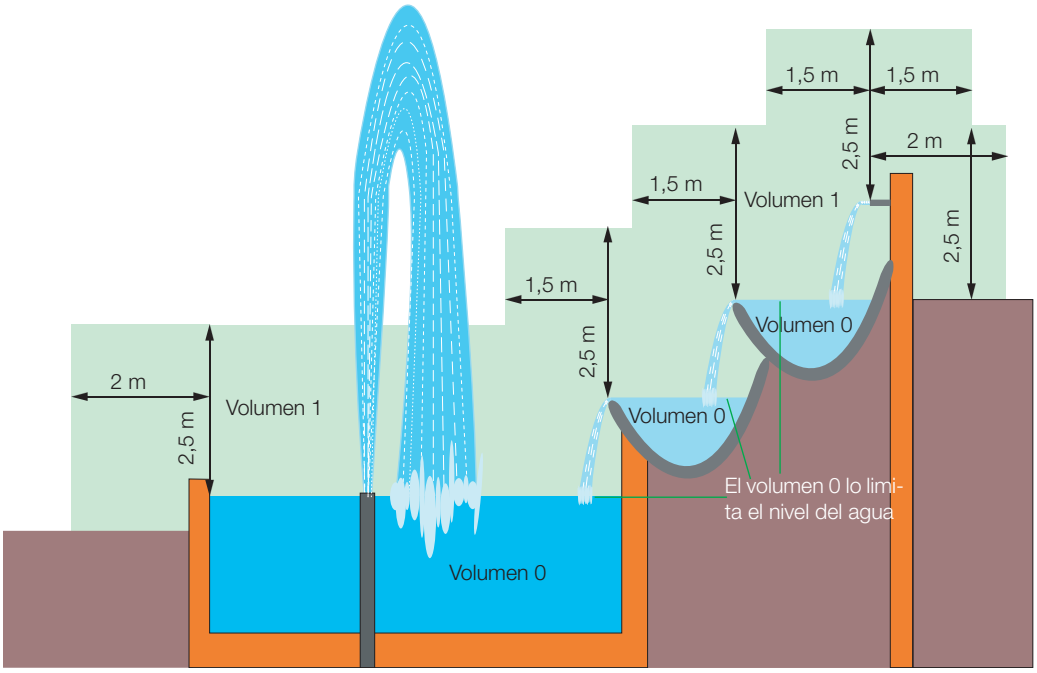


Fig. L4-007: *dimensiones de los volúmenes de protección en las fuentes, estanques o receptáculos de agua.*

■ En pequeñas piscinas, sobresalientes del nivel del suelo o en los edificios.
Las dimensiones de los volúmenes están limitados por los tabiques o muros fijos.

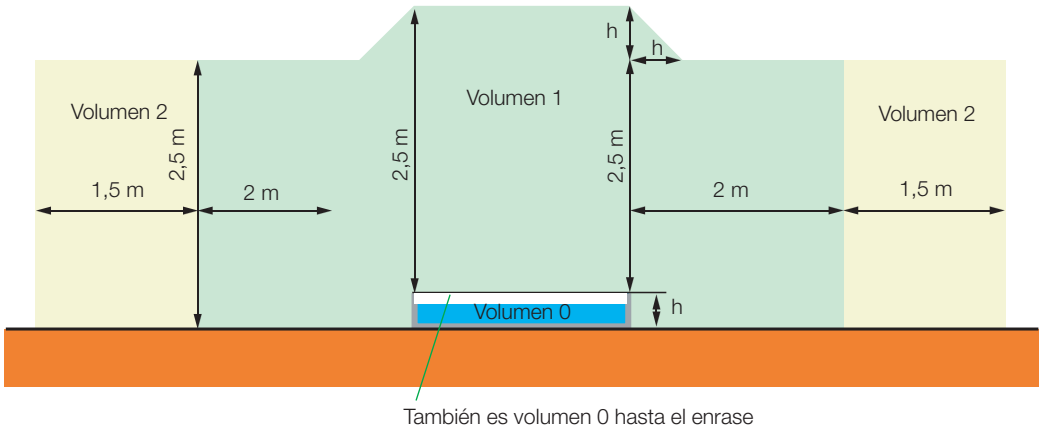


Fig. L4-006: *dimensiones de los volúmenes de protección en las piscinas pequeñas situadas en los edificios.*

Clasificación de los volúmenes

ITC-BT-31-2-1

Volumen 0:
Este volumen comprende el interior del espacio que mantiene el agua y las aberturas, tanto de las paredes como del fondo.

Volumen 1
■ Este volumen está delimitado por:
□ El volumen 0.
□ El plano vertical situado a 2 m al borde del contenedor de agua.
□ El suelo o la superficie de paso o estancia de las personas.
□ Un plano horizontal situado a 2,5 m del suelo o la superficie de paso o estancia de las personas.
■ Para las instalaciones de uso de las personas (piscinas o similares), acostumbran a disponer de elementos estructurales como palancas, trampolines, toboganes, etc. y estatuas o símbolos accesibles al ser humano.
El volumen 1 lo debemos delimitar por:
□ Un plano vertical situado a 1,5 m al entorno de todos los elementos estructurales.
□ Un plano horizontal situado a 2,5 m sobre el nivel más alto de los elementos estructurales destinado a la posible ocupación por las personas.

Volumen 2
■ Este volumen está delimitado por:
□ El perímetro del volumen 1.
□ El plano vertical situado a 1,5 m al borde del volumen 1.
□ Un plano horizontal situado a 2,5 m del suelo o la superficie de paso o estancia de las personas.
■ No existe el volumen 2 para las fuentes.

Cómo debemos interpretar la conjunción de los volúmenes y las construcciones fijas de separación

■ Coordinación con instalaciones fijas de 2,5 m o más de altura.

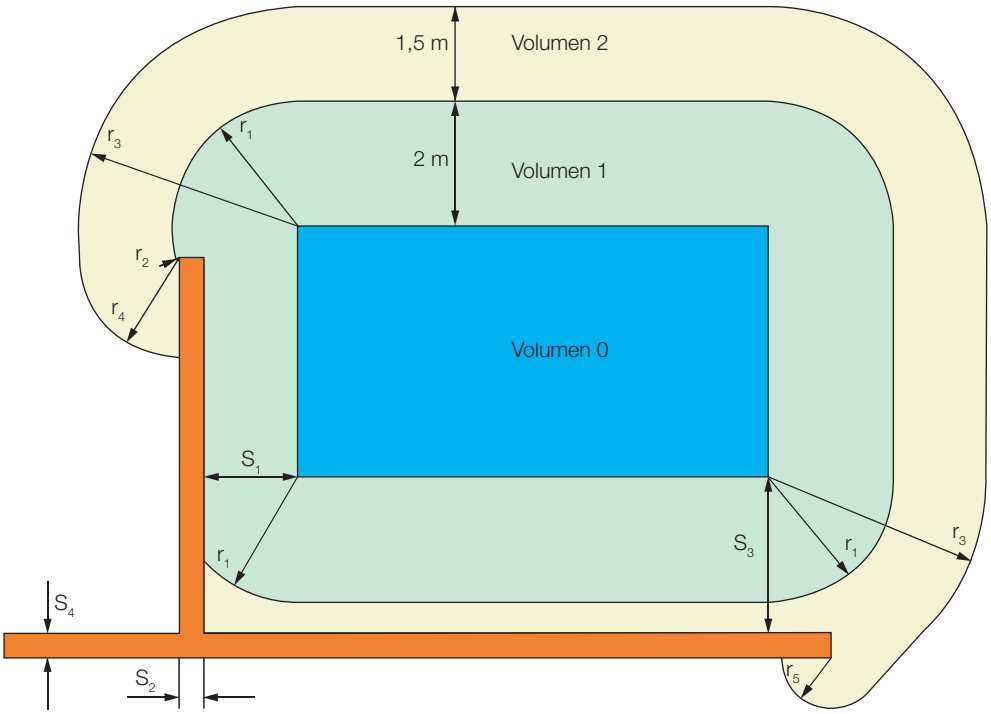


Fig. L4-008: *dimensiones en relación a tabiques de 2,5 m de altura.*

■ Coordinación con instalaciones fijas, incluso para locales con baños.

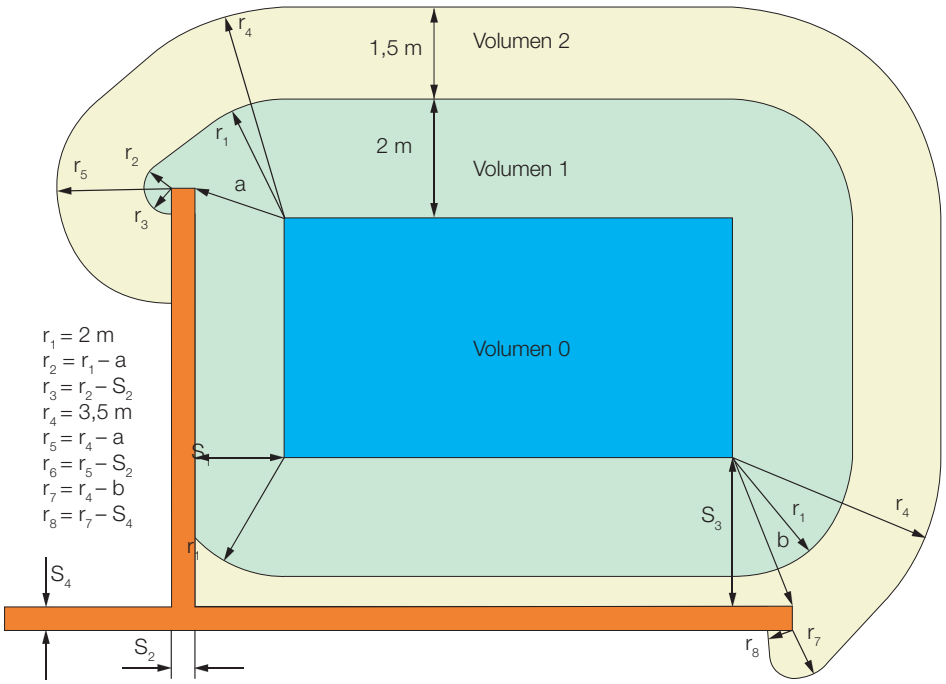


Fig. L4-009: *dimensiones en relación a tabiques fijos, incluso para locales con baños.*

4.4.3. Protección para asegurar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

(Ver los apartados “Aparamenta” y “Otros materiales” de las página L/184.)

Protección contra los contactos directos e indirectos

■ Protección por alimentación a MBT: MBTS y MBTP.

■ Prescripciones para los circuitos sin puesta a tierra (MBTS).

Puesto que se utilizan circuitos con MBTS, éstos deben asegurar la protección contra los contactos, independientemente de la tensión del circuito, por:

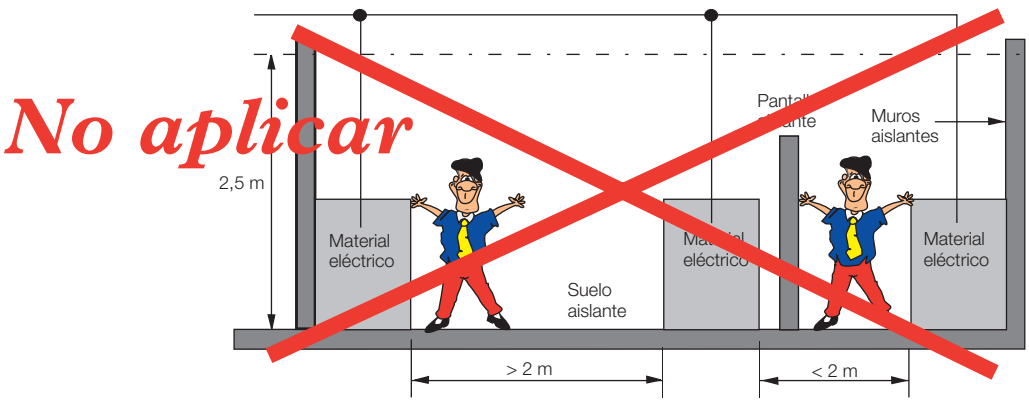
□ Barreras o envolventes que presenten un grado mínimo de protección al nivel IP2X o IPXXB, según el apartado 8.3. “Protección proporcionada por las envolventes IP e IK”, página F/341 del 1.er Volumen, correspondiente a la UNE-EN 60529 y UNE-EN 50102.

□ Un aislamiento capaz de soportar un ensayo dieléctrico de 500 V CA durante 1 min.

Protección contra los choques eléctricos en servicio normal (protección contra los contactos directos o protección principal)

■ Protección por medio de obstáculos y protección por fuera del alcance de la mano.

■ No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15 y “Protección por fuera de alcance, por alejamiento”, página L/16.



Protección contra los contactos indirectos

■ Uniones equipotenciales suplementarias.

Todos los elementos conductores situados en los volúmenes 0, 1 y 2 deben estar interconectados por conductores de equipotencialidad y unidos a los conductores de protección de las masas de los materiales de estos volúmenes.

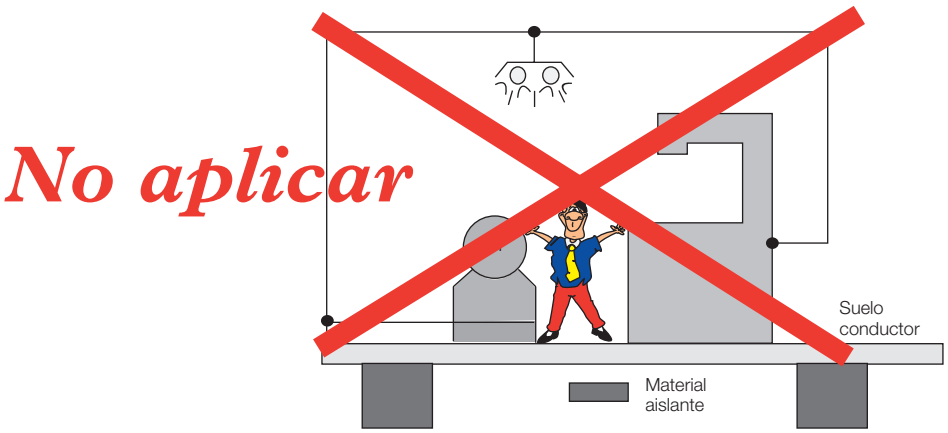
Nota: Esta conexión puede estar situada a la proximidad inmediata del emplazamiento, por ejemplo en el cuadro de distribución, en un accesorio o en cualquier otro material. Ver apartado “Materiales específicos para piscinas”, página L/184.

■ Protección en los locales (o emplazamientos) no conductores.

No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad al apartado “Protección en los locales o emplazamientos no conductores”, página L/27.

■ Protección por equipotencialidad local no puesta a tierra.

No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad al apartado “Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra”, página L/28.



4.4.4. Aplicación de medidas de protección para asegurar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Prescripciones particulares relativas a los diferentes volúmenes

01 ■ Generalidades.

A excepción de las fuentes especificadas en el apartado contiguo “Volúmenes 0 y 1 de fuentes”, en los volúmenes 0 y 1 sólo se admiten las medidas de protección por MBTS con tensiones nominales no superiores a 12 V en CA y 30 V en CC alisada. Las fuentes de seguridad deben estar instaladas fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. Los materiales destinados a ser utilizados en el volumen 0, cuando las personas están ubicadas fuera de este volumen, deben estar alimentados por circuitos protegidos:

□ Bien sea por MBTS (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Bien por corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.

□ Bien sea por separación eléctrica (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

Las tomas de corriente que alimenten estos materiales y sus dispositivos de mando deben estar provistos de un indicador que advierta que no se pueden utilizar los materiales si existe afluencia de personas en la piscina.

02 ■ Volúmenes 0 y 1 en las fuentes.

En los volúmenes 0 y 1 de las fuentes se deben utilizar las siguientes medidas de protección:

□ Por instalación de MBTS (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0 y 1.

□ Por corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.

□ Por separación eléctrica, (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situadas fuera del volumen 0.

03 ■ Volumen 2.

Nota: No existe el volumen 2 para las fuentes.

Una o varias de las medidas de protección indicadas deben ser utilizadas:

□ MBTS (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
□ Corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.
□ Separación eléctrica (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

4.4.5. Elección y puesta en servicio de los materiales eléctricos

Reglas comunes

ITC-BT-31-22

Condiciones de servicio e influencias externas

04 ■ Influencias externas.

Los materiales eléctricos deben poseer al menos los grados de protección siguientes de conformidad al apartado 8.3. “Protección proporcionada por las envolventes IP e IK”, página F/341 del 1.er Volumen, correspondiente a la UNE-EN 60529 y UNE-EN 50120):

□ En el volumen 0: IPX8.
□ En el volumen 1: IPX5; para las pequeñas piscinas en el interior de los edificios y que no sean limpiadas con chorro de agua.
IPX4.
□ En el volumen 2: IPX2, para las piscinas en el interior de edificios.
IPX4 para las piscinas al exterior de edificios.
IPX5, para las que puedan ser sometidas a chorros de agua, por ejemplo para la limpieza.

Canalizaciones

Generalidades

Las presentes reglas son aplicables a las canalizaciones vistas y a las empotradas a una distancia no superior a 5 cm.

Elección e instalación en función de las influencias externas

■ Instalación en función de los volúmenes.
En los volúmenes 0, 1 y 2 las canalizaciones no deben llevar ninguna cubierta metálica accesible.
Las cubiertas metálicas no accesibles deben estar unidas a la conexión equipotencial suplementaria.

Nota: Es conveniente que los conductores sean instalados en canalizaciones aislantes (no metálicas).

■ Limitación de las canalizaciones según los volúmenes.
En los volúmenes 0 y 1, las canalizaciones deben limitarse a las necesarias para la alimentación de los materiales situados en sus volúmenes.
■ Prescripciones complementarias para las canalizaciones para fuentes.
Para las fuentes se deben cumplir las siguientes prescripciones complementarias:
□ Los cables de alimentación de los materiales situados en el volumen 0 deben situarse, siempre que sea posible, en los bordes del perímetro, fuera del volumen 0 y alimentar los materiales en vertical, por el camino más corto posible. Estos cables deben situarse dentro de conducciones para facilitar al máximo su recambio.
□ En el volumen 1 los cables deben protegerse contra los impactos mecánicos. Solo los cables del tipo 66 IEC 60245 o de características mínimas equivalentes pueden utilizarse.

La fiabilidad para el uso de inmersión permanente debe quedar garantizada por el constructor, de conformidad a la IEC 60245-1 y 60245-4.

ITC-BT-31-2-2-3

06 ■ Cajas de conexión.

Las cajas de conexión no se admiten en los volúmenes 0 y 1, a excepción del volumen 1 de las correspondientes a circuitos MBTS.

07 Aparamenta

■ En los volúmenes 0 y 1 ningún aparato, incluso en las tomas de corriente, se debe instalar.

■ En las pequeñas piscinas en edificios donde no se puedan instalar tomas de corriente fuera del volumen 1, se admiten solamente tomas de corriente, no metálicas, instaladas fuera del alcance habitual del volumen 0 a 1,25 m de dicho volumen, a 0,3 m del suelo y estén protegidas por:

□ MBTS (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0 y 1.

□ Corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.

□ Separación eléctrica (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situada fuera de los volúmenes 0 y 1.

■ En el volumen 2 las tomas de corriente y los interruptores se admiten a condición de que estén protegidos por una de las siguientes medidas:

□ MBTS (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.

□ Separación eléctrica (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

Otros materiales

ITC-BT-31-2-2/4

08 Materiales específicos para piscinas:

■ En los volúmenes 0 y 1 solamente se pueden instalar materiales específicos para piscinas, teniendo en cuenta los apartados “Aparatos de alumbrado subacuáticos”, página L/185 y “Prescripciones particulares para los materiales eléctricos de BT instalados en el volumen 1 de piscinas y otros receptáculos de agua”, página L/185.

■ Los materiales destinados a ser utilizados sólo cuando las personas están fuera del volumen 0, pueden instalarse en todos los volúmenes si están alimentados por circuitos protegidos de conformidad al apartado “Prescripciones particulares relativas a los diferentes volúmenes”, página L/182.

■ Los elementos de calefacción eléctrica enterrados se admiten si:

□ Están protegidos por la medida de protección TBTS (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Disponen de un emparrillado metálico enterrado o de una jaula metálica puesta a tierra o unida a la unión equipotencial descrita en el apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175, y sus circuitos de alimentación estén protegidos por un interruptor a corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn como mínimo de 30 mA.

09 Aparamenta de alumbrado subacuático

■ Las luminarias situadas en el agua o en contacto con ella deben estar conformes a la IEC 60598-2-18.

■ Los aparatos de alumbrado subacuáticos, situado detrás de ojos de buey estancos y alimentados por detrás, deben ser conformes a la sección correspondiente de la IEC 60598 y deben instalarse de forma que no se pueda producir ningún contacto, involuntario o no, entre las partes metálicas de las luminarias y las del ojo de buey.

ITC-BT-31-3

10 Materiales eléctricos para fuentes

■ Los materiales eléctricos en los volúmenes 0 y 1 sólo deben ser accesibles con la utilización de una llave o útil.

■ Las luminarias en los volúmenes 0 y 1 deben ser fijas y de conformidad a la IEC 60598-2-18.

■ Las lámparas deben ser conformes a la IEC 60335-2-41.

11 Prescripciones particulares para los materiales eléctricos de BT instalados en el volumen 1 de piscinas y otros receptáculos de agua

Los materiales fijos, especialmente destinados a ser utilizados en el interior de las piscinas (por ejemplo grupos de filtraje) alimentados en BT por MBTS con tensiones máximas de 12 V CA y 30 V CC, se admiten en el volumen 1 bajo las siguientes prescripciones:

■ Los materiales eléctricos deben situarse en envolventes con aislamiento suplementario (doble aislamiento) y una protección al choque mecánico de al menos AG2.

Nota: Este párrafo es aplicable independientemente de la clasificación de los materiales. Los materiales de Clase I son conectados al conductor de protección.

■ Los materiales eléctricos solamente deben ser accesibles mediante la utilización de una llave o útil. La apertura de la puerta o tapa debe comportar el seccionamiento de todos los conductores activos de los materiales. La instalación del dispositivo de seccionamiento y la penetración de los cables debe ser de Clase II o de una protección equivalente.

■ Cuando la tapa o la puerta es abierta, los materiales del interior deben presentar un grado de protección de por lo menos IPXXB

■ La alimentación de estos materiales debe ser protegida:

□ Bien sea por MBTS no superior a 25 V CA y 60 V CC (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12), las fuentes de seguridad deben emplazarse fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Bien por corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la instalación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.

□ Bien sea por separación eléctrica (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

■ Para piscinas pequeñas donde no es posible instalar las luminarias fuera del volumen 1, se admite la instalación si pueden estar ubicadas a una distancia de 1,25 m del perímetro del volumen 0 y estar protegidas:

□ Bien sea por MBTS no superior a 25 V CA y 60 V CC (ver apartado “Limitación de la tensión”, página L/12).

□ Bien por corte automático de la alimentación (ver apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17), con dispositivos de corriente diferencial-residual de intensidad nominal IΔn no superior a 30 mA.

□ Bien sea por separación eléctrica (ver apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28), la fuente de separación alimentando un solo aparato debe estar situada fuera de los volúmenes 0 y 1.

Además las luminarias deben poseer una envolvente de aislamiento de Clase II o análoga y una protección a los choques mecánicos de al menos AG2.

Resumen de las prescripciones principales de protección

Volumen[1]		Medidas de protección				
		TBTS con límites de tensión[2]	Separación eléctrica. N.º de materiales	Corte automático	Ref. párrafo	Grado de protección[3]
0	A[2]	12 V CA, o 30 V CC	No aplicable	No aplicable	1 pág. L/182	IPX8
	B	50 V CA, o 120 V CC[5]	1	DDR < 30 mA	2 pág. L/182	
	C[2]	50 V CA, o 120 V CC	1	DDR < 30 mA	1 pág. L/182	
1	A	12 V CA, o 30 V CC	No aplicable		1 pág. L/182	IPX5/4
	B	50 V CA, o 120 V CC	1	DDR < 30 mA	2 pág. L/182	
	E	25 V CA, o 60 V CC	1	DDR < 30 mA	7 pág. L/183	
2	A	50 V CA, o 120 V CC	1	DDR < 30 mA	3 pág. L/182	IPX2/4/5
	B[4]	No apropiado	No apropiado	No apropiado	4 pág. L/183	
	D	50 V CA, o 120 V CC	1	DDR < 30 mA	7 pág. L/183	

1) A Prescripciones generales.
B Prescripciones particulares para las fuentes.
C Circuitos que alimentan materiales dentro de los volúmenes considerados, puesto que las personas están fuera de este volumen.
D Tomas de corriente, interruptores...
E Tomas de corriente, interruptores, para piscinas pequeñas.
2) Ver también “Prescripciones para los circuitos sin puesta a tierra (TBTS)”, página L/181.
3) Ver también “Influencias externas”, página L/183.
4) Sin definición para las fuentes.
5) Para las luminarias el límite es de 12 V CA, y 30 V CC.

Tabla. L4-010: *medidas de protección en función de los volúmenes.*

Elección e instalación de materiales en función de los volúmenes

	Materiales autorizados en el volumen 0	Materiales autorizados en el volumen 1	Materiales autorizados en el volumen 2	Referencia	Notas
Canalizaciones	Corresponde al apartado “Elección y puesta en servicio de los materiales eléctricos”, página L/183				
Cajas de bornes	No	No ver notas	Sí	06 pág. L/184	Circuitos TBTS y TRTS autorizados en el volumen 1
Aparamenta (salvo tomas de corriente y accesorios)	No	No	Sí	07 pág. L/184	
Tomas de corriente y accesorios	No	Sí ver notas	Sí ver notas	07 pág. L/184	Medidas de protección particulares en el volumen 2 Para las piscinas pequeñas en el volumen 1, o al menos a 1,25 m del volumen 0 y por lo menos a una altura de 0,3 m

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

	Materiales autorizados en el volumen 0	Materiales autorizados en el volumen 1	Materiales autorizados en el volumen 2	Referencia	Notas
Otros materiales – específicos para piscinas	Sí	Sí	Sí	08 pág. L/184	Concepción particular
– elementos de calefacción	No apropiado	Sí	Sí	08 pág. L/184	Circuitos TBTS o enterrados bajo un mallazo de equipotencialidad
– alumbrado subacuático	Sí	No aplicable	No aplicable	09 pág. L/185	Prescripciones particulares
– para fuentes	Sí	Sí	No definido	10 pág. L/185	Prescripciones particulares en los volúmenes 0 y 1
– instalado en el volumen 1	No aplicable	Sí	No aplicable	11 pág. L/185	Prescripciones particulares
– luminarias en el volumen 1	No aplicable	Sí ver notas	No aplicable	11 pág. L/185	Prescripciones particulares

Tabla L4-011: *elección e instalación de los materiales en función de los volúmenes.*

4.5. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas

Deberán realizarse de conformidad a lo establecido en la norma IEC 60364-7-703, UNE 20460-7-703 y la ITC-BT-50 del reglamento de BT.

4.5.1. Conceptos

Qué entendemos por saunas

Los locales o emplazamientos donde el aire se calienta a altas temperaturas y la humedad relativa es normalmente baja, elevándose por un corto período cuando se vierte agua sobre el radiador. Este radiador debe ser construido de conformidad a la UNE-EN 60335-2-53.

4.5.2. Protección para garantizar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

Cuando se utilicen fuentes de muy baja tensión de seguridad (MBTS), la protección contra los contactos directos debe estar garantizada, cualquiera que sea la tensión nominal, bien sea:

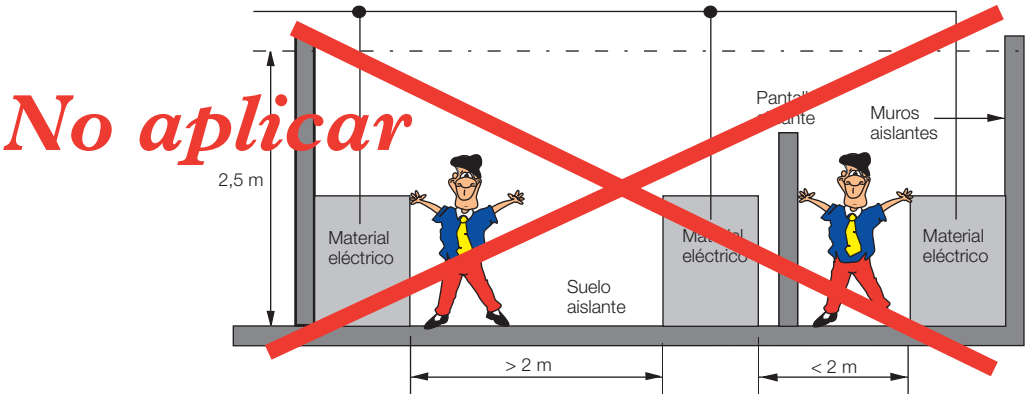
■ Por medio de barreras o de envolventes, que presenten como mínimo un grado de protección IP2X.

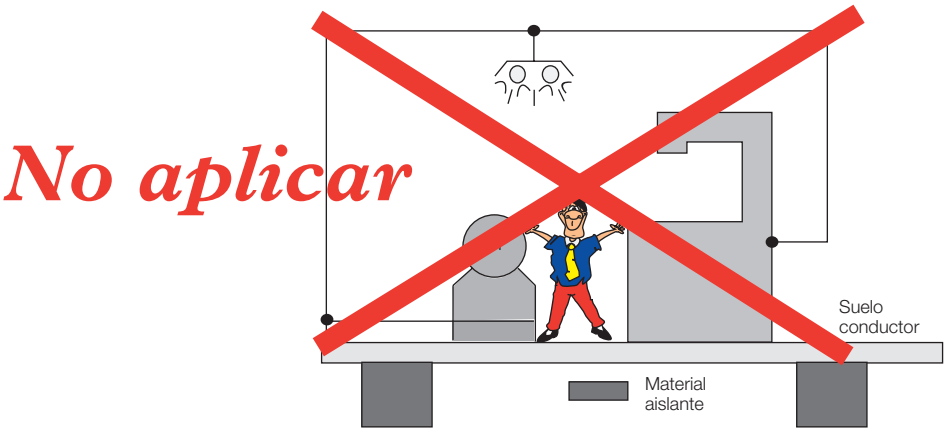
■ Por medio de un aislamiento capaz de soportar un ensayo dieléctrico de 500 V durante 1 minuto.

4.5.3. Aplicación de las medidas de protección para asegurar la seguridad

Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos

No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15, “Protección por fuera de alcance por alejamiento”, página L/16, “Protección en locales o emplazamientos no conductores”, página L/27 y “Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra”, página L/28.



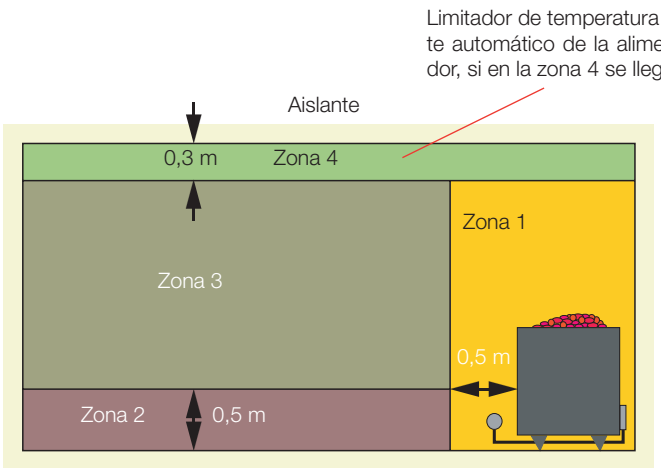


4.5.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Reglas comunes

■ Los materiales eléctricos deben poseer como mínimo el grado de protección IP24.

■ Perfil:



■ Planta:

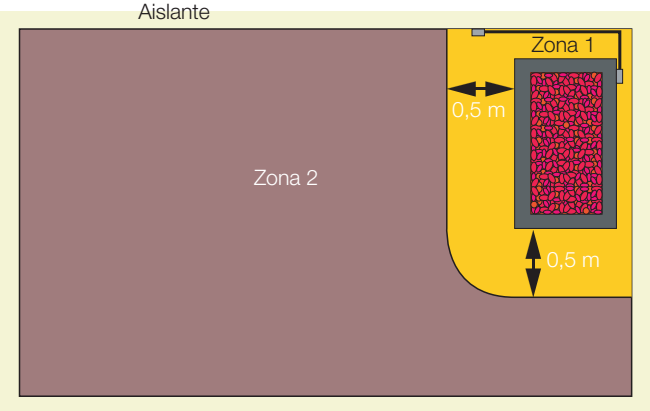


Fig. L4-012: *especificación de zonas en una sala con sauna.*

■ Zona 1: solamente se admiten los materiales pertenecientes a los radiadores para saunas.
■ Zona 2: no es necesaria ninguna prescripción espacial en función a la resistencia al calor.
■ Zona 3: los materiales deben poder soportar una temperatura de trabajo de 125 ºC y los aislamientos de los conductores, al menos 170 ºC.
■ Zona 4: sólo se instalan las luminarias (de forma que impida su sobrecalentamiento) y su cableado; los dispositivos de mando de los radiadores (termostatos, limitadores de temperatura...) y sus conexiones. Los materiales de la zona deben poder soportar una temperatura de trabajo de 125 ºC y los aislamientos de los conductores, al menos 170 ºC.

Canalizaciones
Las canalizaciones deben disponer de un aislamiento que cumpla las prescripciones del apartado “Protección empleando materiales de Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25, y no deben incorporar ningún revestimiento metálico.

Aparamenta
■ La aparamenta no incorporada al radiador debe estar situada fuera del local.
■ No deben instalarse tomas de corriente en el interior del local.
■ Debido a que el cuerpo humano al salir de la sauna está en condiciones de mojado (BB3), las dependencias contiguas deben considerarse como salas de baño o duchas (tensión de choque máxima permanente 12 V CA).

4.6. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en marinas fijas y barcos de recreo

Deberán realizarse según lo establecido en la norma IEC 60364-7-709, UNE 20460-7-709 y la ITC-BT-42 del reglamento de BT.

4.6.1. Conceptos

Barcos de recreo
Consideramos barcos de recreo, para el concepto de instalaciones eléctricas en ellos, a todo barco, navío, yate, casa flotante u otra unidad flotante motorizada utilizada exclusivamente para el deporte o el ocio.

Notas:

■ Los barcos son los destinados a actividades de recreo o deportivas que no están bajo las reglamentaciones internacionales como elementos de trabajo.

■ Los criterios de clasificación de los barcos están definidos por los reglamentos nacionales o regionales y por las autoridades deportivas nacionales.

Por ejemplo los barcos que no superan una longitud determinada (20 m) o los que no desplazan más de 15 m^3.

Marinas fijas

Por marinas fijas consideramos a los muelles de carga, muelles flotantes fijos y a todas aquellas instalaciones fijas que permitan el amarre o fondeo de un barco de recreo como mínimo.

4.6.2. Determinación de las características generales

Las instalaciones eléctricas de barcos de recreo y los sistemas asociados de distribución de potencia de marinas fijas deben atender a disposiciones de circuito y de elección de materiales, capaces de reducir el riesgo de los choques eléctricos, del fuego o de explosiones.

Alimentaciones

■ La tensión nominal de las instalaciones debe elegirse de conformidad a la IEC 38.

■ La tensión de alimentación de los barcos de recreo no debe ser superior a 230 V en CA, monofásica.

Influencias externas

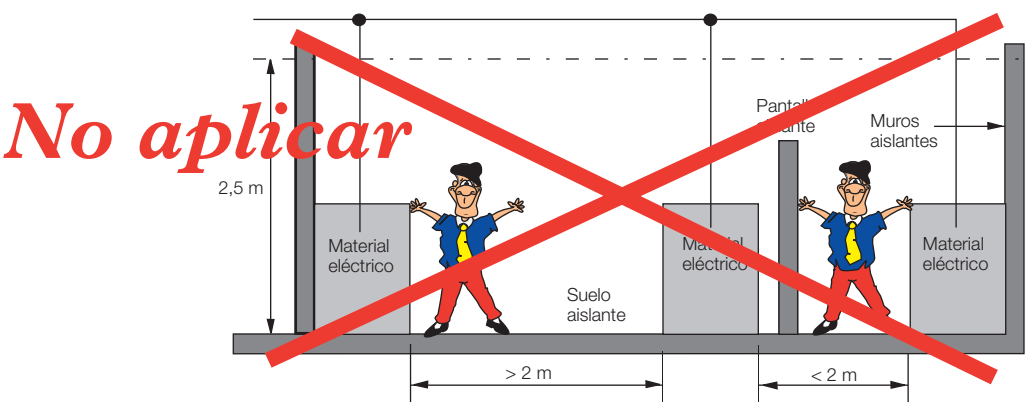
ITC-BT-42-4-1

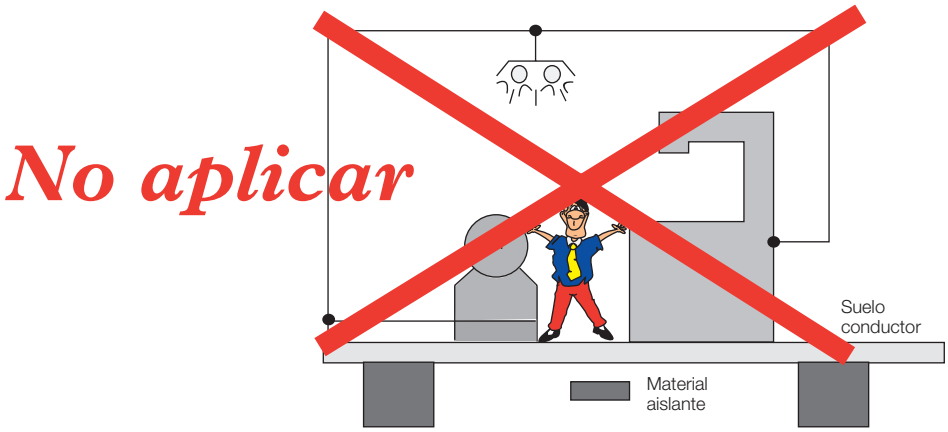
Los materiales a instalar y de uso en la cubierta del barco de recreo deben poseer un grado de protección IP55, según el capítulo F, apartado 8.3. “Protección proporcionada por las envolventes IP e IK”, página F/341, del 1.er Volumen, o de una protección equivalente proporcionada por otros medios.

4.6.3. Protección para asegurar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos, de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15, “Protección por fuera de alcance por alejamiento”, página L/16 y “Protección en locales o emplazamientos no conductores”, página L/27.





ITC-BT-42-3-2

Protección por corte automático de la alimentación

Esquema TN-S

■ En el caso de utilizar el régimen de distribución TN, solamente debemos utilizar el esquema TN-S.

■ Deben utilizarse dispositivos de protección a corriente diferencial-residual, a excepción de los casos en que las medidas de protección a tierra son asumidas por un transformador de separación (ver el apartado “Transformadores de separación” en esta misma página).

Uniones equipotenciales suplementarias para los barcos de recreo

■ Como excepción de lo expuesto en el párrafo anterior (“Esquema TN-S”), las partes conductoras accesibles de un barco de recreo, susceptibles de situarse al potencial de tierra o activadas por una corriente de defecto, deben ser unidas entre ellas por un circuito de equipotencialidad y unidas al conductor de protección (ver Fig. L4-016, página L/195).

■ El conductor de protección debe ser de una sección de conformidad al apartado “Conductores de equipotencialidad”, página L/143, y como mínimo de una sección de 4 mm^2 en cobre, o en otro material con una resistencia equivalente.

■ Estas prescripciones no se aplican a las partes metálicas aisladas por un aislamiento principal.

Protección por separación eléctrica

Deben utilizarse transformadores de separación, según el apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página G/57 del 2.º Volumen y de conformidad a la IEC 60742.

Nota: Dos ejemplos de utilización de dispositivos de protección DDR con transformadores de protección son los esquemas de las Figs. L4-015 y L4-016, página L/195.

Transformadores de separación

a) Alimentación desde un amarre con transformador de separación (ver Fig. L4-014, página L/194):

■ Ninguna unión debe realizarse entre la unión equipotencial del barco de recreo y el conductor de protección del amarre, si el barco está alimentado a través del secundario de un transformador de separación.

■ Las siguientes partes deben conectarse a la unión equipotencial y ella misma al arrollamiento secundario del transformador de separación:

□ Partes metálicas del barco de recreo en contacto con el agua, se deben realizar varias conexiones, si la propia construcción no garantiza la continuidad.

Nota: No es de aplicación a las partes metálicas fijas sobre aislamiento o aisladas de otras partes metálicas.

□ Contactos a tierra de todas las tomas de corriente.
□ Masa de los materiales eléctricos.
b) Alimentación desde un amarre con transformador de separación a bordo puesto a tierra (ver Fig. L4-015):
■ El transformador debe cumplir con el apartado "Protección mediante separación eléctrica", página L/28, y la IEC 742, UNE-EN 60742. Ninguna conexión debe realizarse entre la unión equipotencial y el conductor de protección de la alimentación.
■ Puesto que el arrollamiento secundario de un transformador de separación no está unido a las partes metálicas del barco de recreo, las partes metálicas siguientes deben estar unidas al conductor de equipotencialidad, el cual debe unirse a un borne del arrollamiento secundario del transformador:
□ Contactos de tierra de todas las tomas de corriente.
□ Masas metálicas eléctricas del barco de recreo.
□ Partes metálicas en contacto directo con el agua del entorno del barco de recreo.
c) Alimentación desde el muelle por medio de transformador de separación en el barco de recreo (ver Fig. L4-016):
■ El transformador debe cumplir con el apartado "Protección mediante separación eléctrica", página L/28, y la IEC 742, UNE-EN 60742.
■ Puesto que el arrollamiento secundario de un transformador de separación no está unido a las partes metálicas del barco de recreo, una sola toma de corriente o un material eléctrico deben ser conectados al arrollamiento secundario (ver Fig. L4-016).

Nota: Los transformadores pueden poseer más de un arrollamiento secundario.

4.6.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos

ITC-BT-42-4-2

Elección e instalación de canalizaciones

Canalizaciones para instalaciones marinas fijas
Las instalaciones siguientes son apropiadas para instalaciones marinas fijas:
■ Cables con conductores de cobre y aislamiento termoplástico o elastómeros apantallados o en conductos:
□ Conductos flexibles no metálicos.
□ Conductos galvanizados de resistencia media o elevada.
■ Cables con aislamiento mineral con cubierta de PVC.
■ Cables armados y cubierta termoplástica o de elastómeros.
■ Otros cables o materiales apropiados no inferiores a los descritos en anteriormente:
□ Las canalizaciones siguientes no deben utilizarse en instalaciones para elementos flotantes o fijos de amarre:
– Líneas aéreas.
– Cables que puedan estar sometidos a un riesgo de rotura.
– Cables con conductores de aluminio.
□ Las canalizaciones deben tener aberturas para evacuar la humedad.

Canalizaciones para barcos de recreo
■ A excepción del caso citado en el apartado a: "Alimentación desde un amarre con transformador de separación", página anterior, (ver Fig. L4-014, página L/194), un conductor de protección debe incorporarse en cada circuito.
■ Los cables deben ser instalados de tal forma que los movimientos del barco no puedan someterlos a esfuerzos mecánicos peligrosos.

■ Los cables deben instalarse de forma que:
□ No sean desplazados por el movimiento del barco de recreo.
□ No deben sufrir deterioros por rozamientos, tensiones o aplastamientos.
□ No deben estar expuestos a temperaturas ambientales inadmisibles.
■ Salvo que los cables estén instalados en conducciones de plástico, en fundas, en huecos de construcción o análogos, deben estar sujetos por grapas o atados con flejes (o similares) a intérvalos de 0,3 m.
■ Deben estar separados, a distancias de seguridad, esencialmente de las fuentes de calor, tubos de escape, chimeneas...
■ Se pueden utilizar los siguientes tipos de conductores con una sección mínima de 1,5 mm^2:
□ Cables flexibles monoconductores (según 227 IEC 02) en conductos no metálicos.
□ Conductores rígidos trenzados con un mínimo de siete almas (según 245 IEC 01) en conductos no metálicos.
□ Cables flexibles con funda ordinaria de policloropreno (según 245 IEC 57) o análogos.
■ Los conductos deben ser conformes a la IEC 60614. El tipo de conducto con polietileno plegable (corrugado) no debe usarse.
■ No deben realizarse conexiones inaccesibles de conductores.
■ Las conexiones de los conductores deben realizarse por medio de manguitos de conexión (embutidos), utilizando bornes, o juntas atornilladas o terminales.
■ Las juntas atornilladas y todos los elementos con tornillos deben llevar autoblocaje.
■ Las conexiones deben realizarse dentro de cajas procurando una protección adecuada. Las tapas no deben poder ser abiertas sin la ayuda de un útil.
■ Las uniones de conductores en la cubierta o compartimientos estancos deben ser estancos.
■ Para la situación de conductores en la proximidad de circuitos TBT, ver el apartado “Condiciones de instalación de los circuitos”, página L/12.

Aparamenta

ITC-BT-42-4-3

Cuadro de distribución y tomas de corriente en instalaciones marinas

■ Los cuadros de distribución que alimentan instalaciones marinas deben situarse lo más próximos posible de los amarres y del elemento amarrado a alimentar.
■ Los cuadros situados al exterior deben procurar un grado de protección IP24 de conformidad al apartado 8.3. “Protección proporcionada por las envolventes IP e IK”, página F/341 del 1.er Volumen correspondiente a la IEC 60529.
■ Las envolventes deben procurar una resistencia a la corrosión y una protección contra los choques mecánicos.
■ Puesto que los cuadros de distribución y las tomas de corriente asociadas se instalan sobre las instalaciones flotantes o muelles, deben ser fijadas, por lo menos, a 1 m de la pasarela. Esta distancia puede ser reducida a 300 mm si se toman medidas de protección complementarias contra la proyección de agua sobre las tomas de corriente.
■ Los cuadros de distribución que alimentan instalaciones marinas, deben albergar, por cada punto de amarre, una toma de corriente.
■ Las tomas de corriente deben ser de conformidad a la IEC 60309-2, UNE-EN 60309-2, cada base debe estar unida a un conductor de protección y tener, independientemente de las medidas de protección contra los choques eléctricos, las siguientes características:
□ Tensión asignada: 250 V
□ Corriente asignada: 16 A
□ Posición horaria: 6 h

□ Número de polos: 2 y un contacto a tierra
□ Grado de protección: IPX4

Nota: En Canadá y Estados Unidos de América, la tomas de corriente de tensión nominal de 125 V y de 125/250 V de conformidad a otras normas pueden ser utilizadas.

■ Seis bases de toma de corriente o más pueden ser agrupadas en una envolvente.
■ Las tomas de corriente o grupos de tomas de corriente utilizadas en la misma pasalela o sobre el mismo muelle, deben ser conectadas a la misma fase, a menos que estén alimentadas por un transformador de separación.

Nota: Ver el apartado de instrucciones de conexión.

ITC-BT-42-4-3-2

■ Cada grupo de bases de toma de corriente debe estar protegido:
□ Por un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual, de una intensidad asignada IΔn de 30 mA:
– Instalación en el amarre – Instalación en el barco de recreo

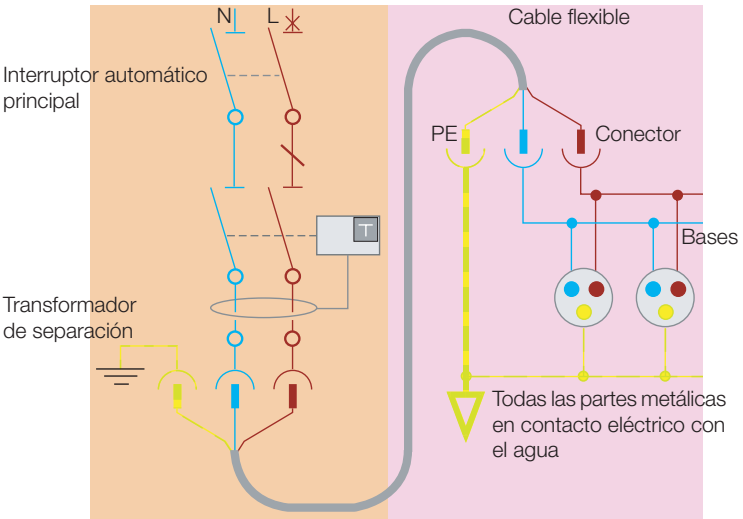


Fig. L4-013: *conexión directa a la red de alimentación a través de un DDR.*

□ Por un transformador de separación para cada base de toma de corriente:
– Instalación en el amarre – Instalación en el barco de recreo

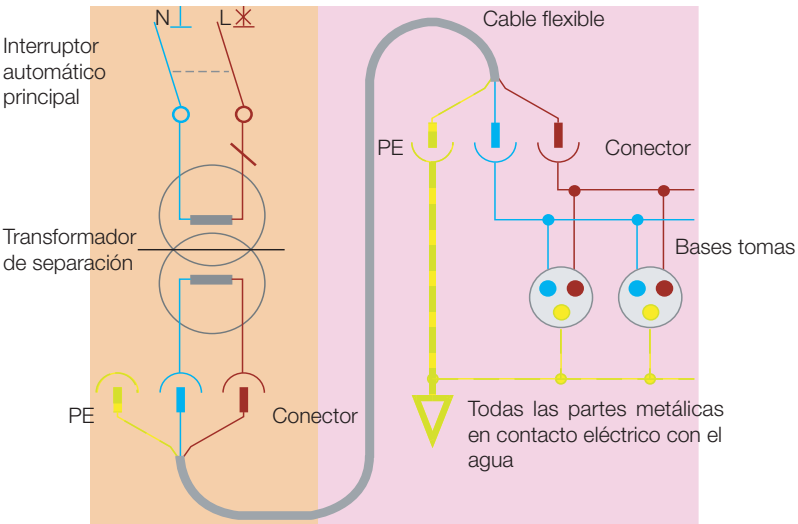


Fig. L4-014: *conexión a través de un transformador de separación.*

□ Por una combinación de dispositivo de protección DDR y transformador de separación:

– Instalación en el amarre – Instalación en el barco de recreo

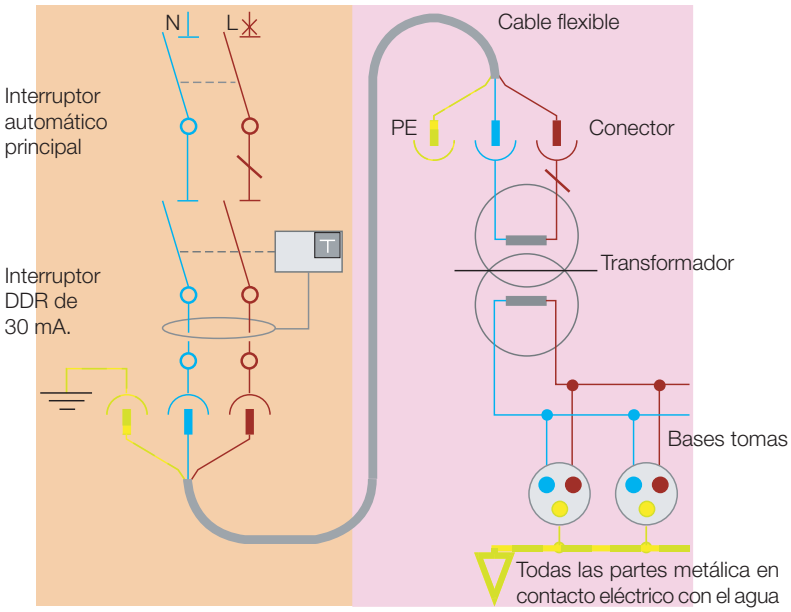


Fig. L4-015: *conexión a la red de alimentación a través de DDR por medio de un transformador de separación, con circuito de equipotencialidad de las partes metálicas.*

– Instalación en el amarre – Instalación en el barco de recreo

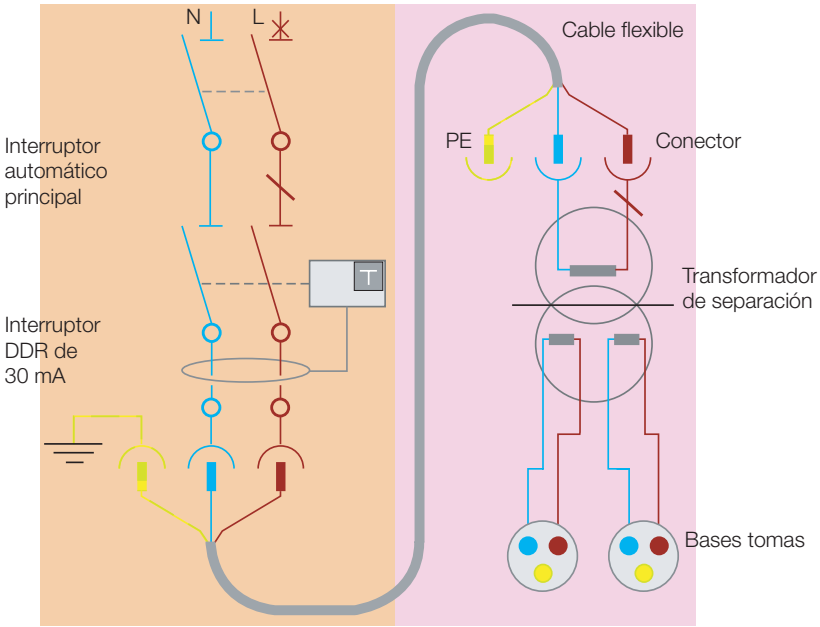


Fig. L4-016: *conexión a la red de alimentación a través de DDR por medio de un transformador de separación de múltiples secundarios, sin circuito de equipotencialidad de las partes metálicas.*

■ Cada toma de corriente debe estar protegida por un dispositivo individual, contra la sobreintensidades, de corriente asignada igual a 16 A.

En función de las características de la alimentación se debe instalar una protección bipolar, ver apartado 2.3. “Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades”, página L/45.

Instrucciones de utilización a situar en la conexión eléctrica en el punto de amarre

Instrucciones en el muelle para la conexión directa o por medio de un transformador separador en el barco

■ La toma de corriente suministra la potencia necesaria para la embarcación, permitiéndo una conexión a la tierra del muelle.
■ Si se dispone de un transformador de separación en el barco, que aísla la instalación eléctrica del barco de la del muelle, la corrosión (electrólisis) puede dañar su barco:
□ La alimentación es de 230 V, 50 Hz, a través de una toma de corriente estándar según IEC 60309-2, posición 6 h.
□ Deben tomarse precauciones para evitar la caída del cable de conexión al agua. En este caso se deben situar anillos de protección al entorno de las tomas de corriente para poderlas fijar en los cables de conexión.
□ Sólo un cable de conexión debe conectarse a una toma de corriente, cualquiera que sea.
□ El cable flexible de conexión debe ser de una sola pieza (sin empalmes).
□ La penetración de humedad en la caja de conexión del barco puede causar algún peligro. Examine usted generosamente y límpiela antes de efectuar la conexión.
□ Toda reparación o modificación es peligrosa para las personas no cualificadas, no sea imprudente.
■ En caso de dificultad, llame a la dirección del muelle.

En referencia a la aparamenta

■ Asegúrese usted que la alimentación está cortada, que no realiza usted la conexión con tensión. Que el cable también está desconectado a la entrada del barco para evitar los posibles bucles de retorno.
■ El cable flexible de conexión es desconectado de la toma del barco. Toda cubierta de protección contra la intemperie, de la caja de conexión del barco, debe estar en su situación y en condiciones normales. El cable de conexión estará elevado y todo él en un entorno seco, si no no debe conectarse.
■ Una vez realizadas y comprobadas todas las conexiones sin tensión, se puede maniobrar la aparamenta para realizar la alimentación.

Instrucciones en el muelle para la conexión por medio de un transformador separador en el muelle

■ La toma de corriente le suministra la potencia necesaria para su embarcación, a través de un transformador de separación, para reducir la corrosión (electrólisis) que pudiera resultar de la conexión de la toma de tierra del muelle a un conductor de protección:
□ La alimentación es de --- V, --- Hz, a través de una toma de corriente estándar según IEC 60309-2, posición 6 h.
□ Su barco no debe conectarse a otra toma que la que le ha sido asignada y las conducciones de su barco deben cumplir las normativas vigentes.
□ Deben tomarse precauciones para evitar la caída del cable de conexión al agua. En este caso se deben situar anillos de protección al entorno de las tomas de corriente para poderlas fijar en los cables de conexión.
□ Sólo un cable de conexión debe conectarse a una toma de corriente, cualquiera que sea.

□ El cable flexible de conexión debe ser de una sola pieza (sin empalmes).
□ La penetración de humedad en la caja de conexión del barco puede causar algún peligro. Examine usted generosamente y límpiela antes de efectuar la conexión.
□ Toda reparación o modificación es peligrosa para las personas no cualificadas, no sea imprudente.
■ En caso de dificultad, llame a la dirección del muelle.

En referencia a la aparamenta
■ Asegúrese usted que la alimentación está cortada, que no realiza usted la conexión con tensión. Que el cable también está desconectado a la entrada del barco para evitar los posibles bucles de retorno.
■ El cable flexible de conexión es desconectado de la toma del barco. Toda cubierta de protección contra la intemperie, de la caja de conexión del barco, debe estar en su situación y en condiciones normales. El cable de conexión estará elevado y todo él en un entorno seco, si no no debe conectarse.
■ Una vez realizadas y comprobadas todas las conexiones sin tensión, se puede maniobrar la aparamenta para realizar la alimentación.

Conexión a un barco de recreo

Elementos del dispositivo de conexión
Los dispositivos de conexión a un barco de recreo se componen de:
a) Una clavija con un contacto unido al conductor de protección (2p+T), de características:
□ Tensión asignada: 250 V
□ Corriente asignada: 16 A
□ Posición horaria: 6 h
□ Número de polos: 2 y un contacto a tierra
□ Grado de protección: IPX4
b) Un cable flexible de tres conductores, tipo 245 de la IEC 65 o equivalente, unido:
□ A una vivienda flotante o a un barco de recreo.
□ A un conector de características:
– Tensión asignada: 250 V
– Corriente asignada: 16 A
– Posición horaria: 6 h
– Número de polos: 2 y un contacto a tierra
– Grado de protección: IPX4
■ Longitud del cable.
Es conveniente que el cable de alimentación no supere los 25 m y que no tenga ningún empalme en toda su longitud.
■ Caja de conexión:
□ Puesto que la conexión al barco de recreo se realiza por medio de una caja de conexión y un conector, éstos deben satisfacer las condiciones del apartado anterior: “Los dispositivos de protección a un barco de recreo”, y estar sujetos a un punto fácilmente accesible.
□ La caja de conexión debe estar situada en un punto en el que ni ella ni el cable de conexión puedan ser dañados por el movimiento del barco de recreo, por roces con las cadenas de fondeo, los amarres, o por aplastamiento o por el roce de cualquier parte en movimiento, y comprende todas las embarcaciones auxiliares.
■ Inversor.
Debe permitir el paso de corriente de las instalaciones fijas (muelle) al utilizador y en alguna circunstancia a la inversa, pero no pueden funcionar las dos al mismo tiempo.

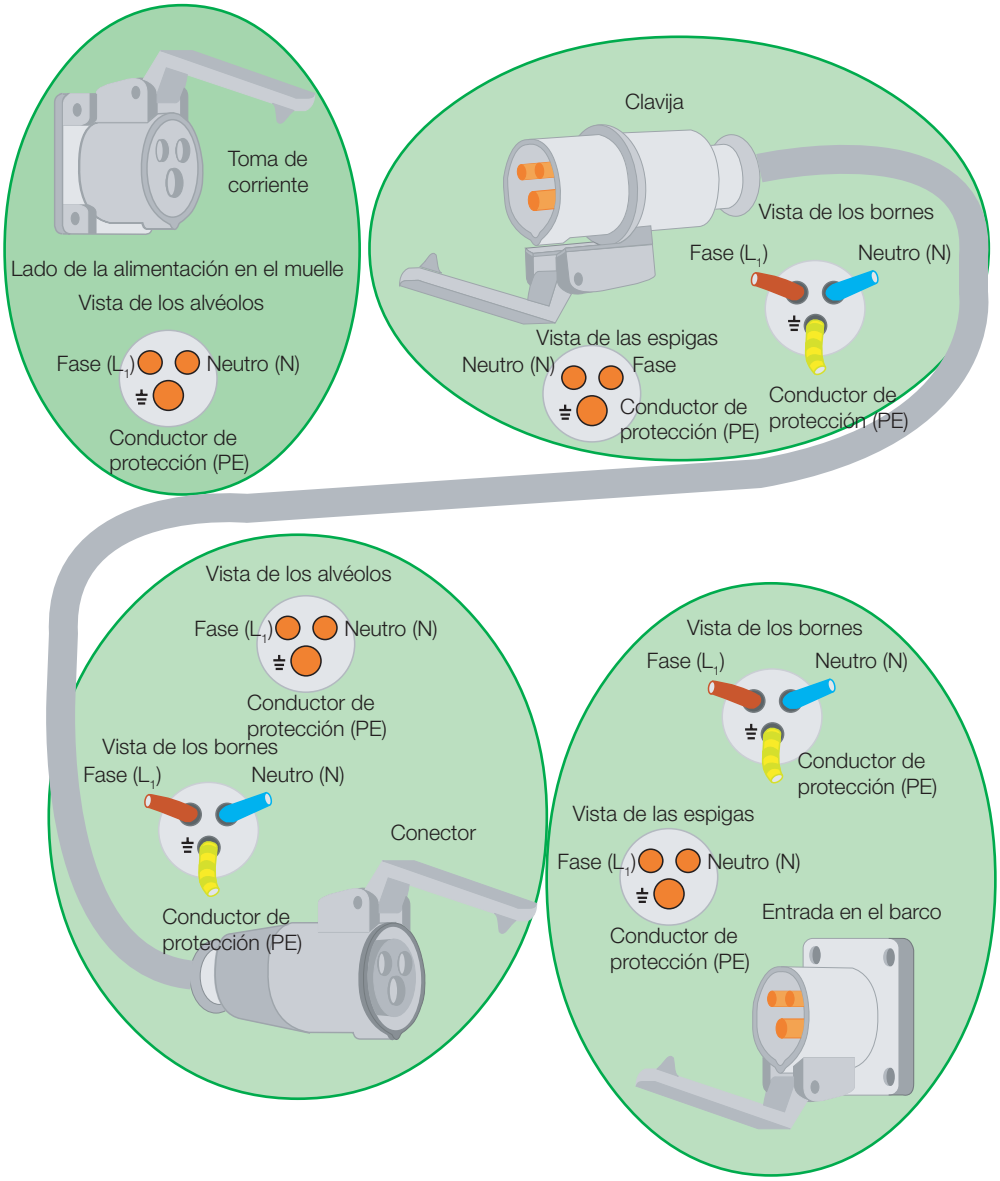


Fig. L4-017: *ejemplo de posibilidades de conexión para una alimentación 2P + T.*

■ Cuadro de distribución de los barcos de recreo:
□ Todos los circuitos deben partir del cuadro de distribución, de conformidad a lo expuesto en el apartado anterior “Conexión a un barco de recreo”.
□ Los cuadros de distribución y de aparamenta deben ser fácilmente accesibles.
□ Las envolventes pueden ser metálicas o de un material aislante autoextinguible según IEC 60695-2-1).
□ Todo circuito terminal debe ser protegido por una protección contra las sobreintensidades (fusible o interruptor automático).

Dispositivos de mando y seccionamiento

■ Seccionador general.

Los barcos de recreo deben disponer de un seccionador general fácilmente accesible. Si sólo existe un circuito el dispositivo de protección contra las sobreintensidades puede realizar la función de seccionador.

Instalaciones eléctricas en viviendas

4.7. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en viviendas

La IEC no dispone de una norma particular para viviendas. El conjunto de normas destinadas a "Las instalaciones domésticas e industriales" definen suficientemente las necesidades de las instalaciones eléctricas en viviendas.

La UNE dispone de un proyecto de norma UNE 202001 que aún no se ha definido como norma.

España se rige más por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que por las prescripciones normativas.

El desarrollo de las instalaciones en viviendas se realiza: aceptando el espíritu del conjunto de normas IEC y UNE, sobre las instalaciones domésticas e industriales, y aplicando las prescripciones de la ITC-BT-25. Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.

ITC-BT-28

Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia

4.8. Prescripciones eléctricas para instalaciones en locales destinados al uso médico

Lo tratado en este capítulo queda reducido al ámbito de la aplicación de la energía eléctrica para la práctica de la medicina, bajo el punto de vista de las instalaciones, sin tener ninguna pretensión de introducirse en las aplicaciones y sus causas que es propio del campo de la medicina.

Deberán realizarse según lo establecido en la norma IEC 64/74/FDIS. UNE 20460-7-710 y la ITC-BT-38 del reglamento de BT.

ITC-BT-38

4.8.1. Conceptos (según UNE 20460-7-710.13)

Locales de uso médico

Entenderemos por locales de uso médico aquellos que están preparados para acoger los pacientes con el propósito de efectuar diagnóstico, tratamientos o cuidados.

Paciente

Ser vivo (persona o animal) sometido a un examen o tratamiento médico o dental (según 2-12-4 de la IEC 60601-1).

Equipo de electromedicina
Equipo eléctrico dotado de, como máximo, una conexión a la red de alimentación, destinado al diagnóstico, tratamiento o a la vigilancia del paciente bajo control médico y que entra en contacto físico o eléctrico con el paciente y/o transfiere energía hacia o desde el paciente y/o detecta transferencia de energía hacia o desde el paciente (véase 2-2-15 de la IEC 60601-1).

Parte aplicada
Conjunto de todas las partes del equipo, incluidos los conductores unidos al paciente, que se encuentren intencionadamente en contacto con el paciente a examinar o tratar (véase el 2-1-5 de la IEC 60601-1).

Grupo 0
Locales de uso médico que no son susceptibles de ser utilizadas partes aplicadas de los equipos de electromedicina unidos a la alimentación general.

Grupo 1
Locales de uso médico que son susceptibles de ser utilizadas partes aplicadas de los equipos de electromedicina unidos a la alimentación general:
- Partes aplicadas exteriores.
- Partes aplicadas a los fluidos corporales pero no al corazón.

Grupo 2
Locales de uso médico en los que son susceptibles de ser utilizadas partes aplicadas de los equipos de electromedicina unidos a la alimentación general, aplicadas al o en el corazón por procedimientos intracardiacos.

Nota: Un procedimiento intracardiaco es un procedimiento por el cual un conductor eléctrico se sitúa en el interior del corazón o de un paciente o es susceptible de entrar en contacto con el corazón, siendo ese conductor accesible desde el exterior del cuerpo del paciente. A este respeto, se entiende por conductor eléctrico tanto a los cables aislados, como por ejemplo los electrodos de los estimuladores o los electrodos intracardíacos para los ECG (electrocardiogramas), como a los tubos aislados rellenos de fluidos conductores.

ITC-BT-38-2

4.8.2. Determinación de las características generales

La clasificación de los locales de uso médico está ligada al tipo de contacto entre una parte aplicada y el paciente. Esta clasificación debe ser hecha de acuerdo con el cuerpo médico o la organización encargada de la sanidad.

Ejemplos de locales donde se utilizan equipos de electromedicina
- 01. Sala de masajes.
- 02. Sala de lavado.

Sala en la que el personal médico que interviene en una operación o tratamiento, se puede lavar para desinfectarse.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

- 03. Vigilancia general (habitaciones).

Médicamente son salas o grupos de salas para acomodar a los pacientes durante su estancia en un hospital o en cualquier otro establecimiento médico.
- 04. Sala de partos.

Sala donde tiene lugar el nacimiento.
- 05. Sala de electrocardiografías (ECG).

Sala de electroencefalografías (EEG); sala de histerografías (EHG).
- 06. Sala de endoscopias.

Sala provista para la utilización de métodos endoscópicos, es decir, para el examen de órganos a través de orificios naturales o artificiales.

Métodos endoscópicos son por ejemplo: broncoscopias, laringoscopias, citoscopias, gastroscopias y métodos similares si se realizan bajo anestesia.

■ 07. Sala de reconocimientos o tratamientos.

■ 08. Sala de preparación al parto.

Sala donde la paciente espera y es preparada para el parto.

■ 09. Sala de esterilización.

Sala en la que se esterilizan los instrumentos necesarios en una operación o intervención.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 10. Sala de urología (no siendo un quirófano).

Sala en la que el diagnóstico o procedimiento terapéutico se realiza en el aparato urogenital, utilizando equipos de electromedicina, tales como rayos X, endoscopias o aparatos de cirugía de alta frecuencia.

■ 11. Sala de diagnóstico radiológico y de terapia:

□ Sala de diagnóstico radiológico.

Sala prevista para el uso de radiación iónica con el fin de visualizar las estructuras internas del cuerpo humano por medio de radiografías, fluoroscopias, isótopos radioactivos u otros procedimientos de diagnóstico.

□ Sala de terapia.

Sala prevista para el uso de radiación iónica para conseguir efectos terapéuticos.

■ 12. Sala de hidroterapia.

Sala en la que los pacientes son tratados con métodos hidroterapéuticos. Ejemplos de tales métodos son los tratamientos terapéuticos con agua, agua salada, cieno, arcilla, vapor, arena, agua con gases, agua salada con gases, terapia de inhalación, electroterapia en el agua (con o sin aditivos), termoterapia en agua (con o sin aditivos).

Las piscinas de uso general y los cuartos de baño normales no están considerados como salas de hidroterapia.

■ 13. Sala de fisioterapia.

Sala en la que los pacientes son tratados con métodos fisioterapéuticos.

ITC-BT-38-2/2-3

■ 14. Sala de anestesia.

Sala de uso médico en la que se administra anestesia general por inhalación.

Nota: Se consideran salas de anestesia el propio quirófano, el antiquirófano, sala de ensayos y las salas de cuidados intensivos.

ITC-BT-38-1/2-3

■ 15. Quirófano.

Sala donde se llevan a cabo las operaciones quirúrgicas.

■ 16. Antiquirófano.

Sala donde los pacientes son preparados para una operación, por ejemplo, para administrar anestésicos.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 17. Sala de enyesados.

Sala donde se aplica el “yeso de París” u otros vendajes similares mientras el paciente está bajo anestesia.

Nota: Esta sala pertenece al grupo de quirófanos y por tanto está unida físicamente a ellos.

■ 18. Sala de recuperación.

Sala en la cual el paciente, bajo observación, se recobra de la influencia de la anestesia.

Nota: Esta sala está habitualmente muy próxima al grupo de quirófanos, pero no forma necesariamente parte de ellos.

■ 19. Sala de catéteres cardíacos.
Sala prevista para el examen o tratamiento del corazón utilizando catéteres. Ejemplos de procedimientos aplicados son la medicina de la acción hemodinámica del corazón, gráficos de muestras de sangre, inyección de productos de contraste o implantación de estimuladores.
■ 20. Sala de cuidados intensivos.
Sala en la cual los pacientes acostados son vigilados, independientemente de una intervención quirúrgica, mediante equipos de electromedicina. Si es necesario pueden estimularse las funciones del cuerpo humano.
■ 21. Sala de exámenes angiográficos.
Sala prevista para visualizar las arterias o venas, etc, con medios de contraste.
■ 22. Sala de hemodiálisis.
Sala de un establecimiento médico prevista para conectar los pacientes a un equipo de electromedicina a fin de desintoxicar la sangre.
■ 23. Sala de monitorización central.
Sala en la que las señales procedentes de los monitores de varios pacientes se pueden observar, almacenar o tratar.

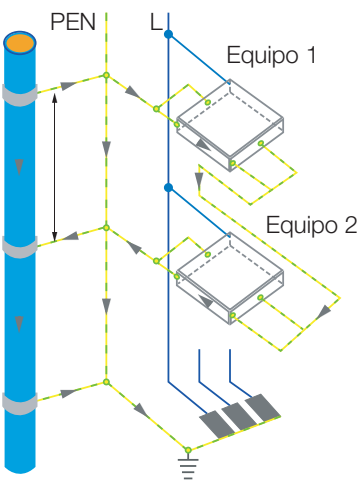
Nota: Se considera que una sala de monitorización central forma parte de un grupo de salas si existe una conexión (por ejemplo una línea de transmisión de señales) entre las salas de tal grupo.

■ 24. Resonancia magnética (MRI).
■ 25. Medicina nuclear.
■ 26. Sala de prematuros.

Suministros y estructuras

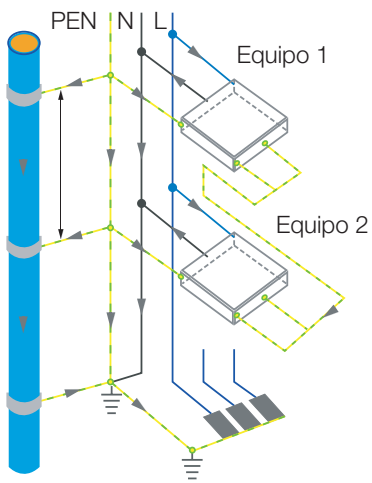
■ Tipos de regímenes de neutro. UNE 20460-7-710.3.
La utilización del esquema TN-C no está autorizado en los edificios con locales de uso médico.

■ Esquema TN-C



La corriente del neutro recorre: el conductor neutro, las pantallas de los conductores de referencia de los cables de transmisión de señales, y las partes conductoras externas o los elementos conductores externos de la instalación eléctrica.

■ Esquema TN-S



El esquema TN-S (o TT con la misma tierra para el punto neutro y las partes conductoras externas) evita compartir la corriente del neutro.

Fig. L4-018: *eliminación de las corrientes del conductor neutro utilizando los esquemas TN-S TN-C.*

4.8.3. Protección para garantizar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos e indirectos

■ Protección por muy baja tensión: MBTS y MBTP.

ITC-BT-36-3

Cuando se utiliza la protección MBTS y/o la MBTP en locales de uso médico de los grupos 1 y 2, la tensión nominal aplicada al material eléctrico no debe sobrepasar los 25 V eficaces en corriente alterna o 60 V en corriente continua alisada.

ITC-BT-36-3

Cuando se utiliza MBTS y/o MBTP es necesario tener una protección mediante aislamiento de las partes activas según el apartado “Protección por aislamiento principal”, página L/14, y una protección según los apartados “Obstáculos”, página L/15 y “Barreras o envolventes”, página L/15, aunque la tensión nominal no sobrepase los 25 V eficaces en CA o 60 V en CC, alisada.

Las masas deben estar conectadas al conductor equipotencial.

■ Sistema MBTP.

El sistema MBTP está autorizado en los locales de uso médico del grupo 0.

Protección contra los contactos directos

Sólo están autorizadas las protecciones mediante aislamientos de las partes activas o las protecciones con barreras o envolventes, ver apartados “Protección por aislamiento de las partes activas”, página L/15, “Obstáculos”, página L/15 y “Barreras o envolventes”, página L/15.

Protección contra contactos indirectos

De conformidad al apartado 2.1.3. “Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defectos”, página L/17, se puede utilizar una protección por desconexión automática de la alimentación, por separación eléctrica o utilizando materiales de Clase II (o que tengan un aislamiento equivalente), salvo en los casos siguientes:

ITC-BT-38-2-1-4

■ Esquema TN. Se recomienda que los esquemas TN estén provistos de un sistema de control continuo de los defectos a tierra de todos los conductores incluido el neutro. En los locales de uso médico del grupo 1 y grupo 2 y para los circuitos de alimentación de los equipos eléctricos situados hasta 2,5 m de altura sobre el suelo y en las proximidades del paciente, según la Tabla L4-021, página L/209, los dispositivos de protección por corriente diferencial residual asignada que se utilizan de conformidad a la IEC 1008-1, UNE-EN 61008-1 o IEC1009-1, UNE-EN 61009-1 serán los siguientes:

□ Corriente nominal asignada $I\Delta n \leqslant 30$ mA para circuitos con dispositivos de protección de sobreintensidad hasta 32 A.

□ Corriente nominal asignada $I\Delta n \leqslant 300$ mA para circuitos con dispositivos de protección de sobreintensidad superiores 32 A.

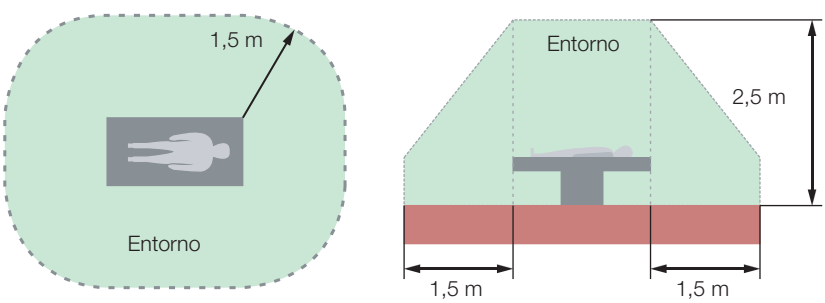


Fig. L4-019: *entorno del paciente.*

En los locales de uso médico del grupo 2 se utilizará la protección por desconexión automática de la alimentación mediante dispositivos de protección de corriente diferencial-residual según los puntos a) y b) anteriores, para los siguientes circuitos:
– Circuitos para aparatos de Rayos X.
– Circuitos para grandes equipos con potencia nominal superior a 5 kVA.

Nota: En el capítulo 19, corrientes de fuga permanentes y corrientes auxiliares de paciente, de la IEC 60601-1, da las prescripciones generales relativas a los valores admisibles de las corrientes de fuga permanentes, que por ejemplo para equipos de electromedicina instalados fijos es de 5 mA, por cada equipo en condiciones normales (sin defecto).

Es necesario prestar una atención especial cuando se utilizan simultáneamente varios equipos conectados al mismo circuito, para que no tenga lugar el funcionamiento indeseado del dispositivo de protección por corriente diferencial-residual.
■ Esquema TT.
En los locales de los grupos 1 y 2, se aplican las mismas condiciones que para el esquema anterior TN, utilizando dispositivos de protección diferencial-residual.
■ Esquema IT.
En los locales de uso médico del grupo 2, y para circuitos de alimentación de los equipos eléctricos situados hasta 2,5 m de altura sobre el suelo, en las proximidades del paciente, deben equiparse los esquemas IT con un dispositivo de control de aislamiento que satisfaga las siguientes prescripciones:
□ La resistencia interna en corriente alterna debe ser de por lo menos 100 kΩ.
□ La tensión de ensayo no será superior a 25 V en CC.
□ La corriente de ensayo no será superior a 1 mA, incluso en condiciones de defecto.
□ La indicación (alarma) tendrá lugar, a lo más tardar, cuando la resistencia de aislamiento disminuya hasta 50 kΩ.
Para realizar este chequeo el equipo deber disponer de un aparato de medida.
□ La indicación (alarma) debe tener lugar si está interrumpida la tierra o el cable de conexión.
Los transformadores para el sistema IT, en los locales del grupo 2, deben ser transformadores de aislamiento según el apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página G/57 del 2.º Volumen y la IEC 60742.
Para cada esquema IT se incorporará un dispositivo de alarma acústica y visual situado en un lugar apropiado, a fin de que pueda ser vigilado constantemente (señales acústicas y visuales) durante su utilización por el personal médico; este dispositivo poseerá los siguientes elementos:
– Una lámpara de señalización verde para indicar el funcionamiento normal.
– Una lámpara de señalización amarilla, que se enciende cuando se alcanza el valor mínimo fijado para la resistencia de aislamiento.
– Una alarma acústica que emita una señal cuando se alcance el valor mínimo fijado para la resistencia de aislamiento.
La señal acústica podrá ser desconectada. La señal visual sólo se podrá anular suprimiendo la causa del defecto.
□ Conexión equipotencial adicional.
En cada local de los grupos 1 y 2 se deberá realizar una conexión equipotencial adicional, a fin de igualar las diferencias de potencial entre las siguientes partes: UNE 460-7-710.413.1.6.1.
– Conductor de protección.
– Elementos conductores.
– Pantalla de protección contra las perturbaciones de campos magnéticos.
– Mallas de protección de los suelos conductores.
– Masas de equipos MBT, como por ejemplo las lámparas de quirófanos cuando utilizan alimentación con sistema MBTF.

En los locales de uso médico del grupo 1 se podrá reemplazar la conexión equipotencial realizada con los conductores de protección, por la utilización de un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual, que desconecte automáticamente la alimentación.

Notas:
■ Las mesas de operaciones no eléctricas instaladas de forma fija se conectarán a la red equipotencial.
■ Cuando exista una red de cables equipotenciales se tendrán en cuenta las exigencias asépticas. En especial la conexión equipotencial de los suelos conductores.

La resistencia de los conductores, incluida la resistencia de las conexiones, entre los bornes del conductor de protección de las tomas de corriente, o de los equipos fijos o de cualquier elemento conductor y la conexión equipotencial no debe sobrepasar los 0,2 Ω.
La conexión equipotencial debe estar situada en el local médico o en sus proximidades. En cada armario de distribución o cerca de ellos y en una barra o borne principal del circuito equipotencial, en la cual podrán ser conectados los conductores de protección (PE) y equipotenciales. Las conexiones se dispondrán de forma que sean claramente visibles y puedan ser desconectadas individualmente.
En los locales del grupo 2 y para los circuitos de alimentación de los equipos eléctricos situados hasta 2,5 m del suelo y en las proximidades del paciente, se realizará la disposición siguiente, cuando la instalacion funcione en condiciones normales o en condiciones de defecto simple (esquema IT de locales médicos): la tensión entre los conductores, las bornas para el conductor de protección en las tomas de corriente o los equipos fijos y la barra o borne principal de la conexión equipotencial, no debe sobrepasar los 20 mV.
El paciente debe estar protegido contra efectos de microdescargas.

Notas:
■ Se considera que para el paciente, las corrientes de fuga (véase IEC 60601-1) no deben sobrepasar los 50 μA y en el supuesto que la resistencia del cuerpo del paciente es de 1 kΩ. Por lo tanto la tensión máxima de seguridad entre las masas de los equipos de electromedicina y la unión equipotencial está limitada a 50 mV
■ La tensión de 20 mV, antes mencionada, se refiere a la diferencia de potencial de la instalación eléctrica (hasta las tomas de corriente); los 30 mV restantes corresponde a la caída de tensión correspondiente a los equipos y sus conexiones.
■ Cuando se utilizan esquemas TN, TT o IT, por diferentes partes del edificio (por ejemplo en centros hospitalarios), sólo es necesario verificar mediante un ensayo el valor de diferencia de potencial correspondiente a los 20 mV, en la medida de lo posible.

4.8.4. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Reglas comunes

Influencias externas

Riesgo de explosión.

Nota: Las prescripciones para los equipos de electromedicina utilizadas en atmósferas con riesgo de explosión están contenidas en 2-3 de la IEC 60513 y en la sección 6 de la IEC 60601-1.

La protección de la instalación eléctrica para utilizar en atmósferas explosivas no es necesaria cuando:
■ Hay una ventilación adecuada.
■ Se utilizan cantidades limitadas de anestésicos en el local.
■ No se aplican líquidos de desinfección sobre grandes superficies.

Identificación del conductor neutro y el de protección

Los conductores equipotenciales para la protección deben ser marcados en verde y amarillo.

Esquemas, documentación e instrucciones de funcionamiento:
■ Se deben suministrar al usuario los planos de la instalación eléctrica, las notas, dibujos, esquemas de cableado y modificaciones de ellos, así como las instrucciones de funcionamiento y de mantenimiento. Los dibujos y esquemas de cableado deben ser conformes a la IEC 60617 e IEC 61082-1.
■ Los documentos considerados son en particular:
□ Diagramas de bloques mostrando el sistema de distribución de la alimentación normal y de la alimentación para los servicios de seguridad representados en una sublínea. Estos esquemas deben contener información sobre el emplazamiento de los armarios de distribución secundarios en el interior del edificio.
□ Diagramas de bloques mostrando los aparatos de conexión y control y armarios de distribución representados en una sola línea.
□ Planos de arquitectura según IEC 617-11.
□ Diagramas esquemáticos de los controles.
□ Instrucciones de funcionamiento y de mantenimiento de las baterías de acumuladores y de las fuentes de alimentación para los servicios de seguridad.
□ Cálculos de verificación del cumplimiento de los requisitos de las normas.
□ Lista de cargas que son alimentadas permanentemente por la fuente de energía de seguridad indicando las corrientes normales y, en el caso de maniobras con motores, las intensidades de arranque.
□ Un libro de trabajo que contenga un registro de todos los ensayos y controles que deben efectuarse antes de la puesta en servicio.

Instalación eléctrica

Prescripciones particulares para los circuitos de alimentación de los servicios de seguridad

Según el apartado 3.7. “Alimentación para los servicios de seguridad”, página L/162:
■ Los circuitos eléctricos entre la fuente de alimentación de seguridad y el armario de distribución asociado, así como entre la batería y el cargador de baterías, deben instalarse de forma que reduzcan al mínimo el riesgo de contacto fortuito entre las partes activas y las masas o los elementos conductores.
■ Se considera que los siguientes sistemas de instalación eléctrica reducen al mínimo el riesgo de cortocircuito o de una fuga a tierra:
□ Utilización en la instalación eléctrica de conductos cerrados para los conductores, donde se impida el contacto de los conductores con las masas metálicas unidas al conductor de protección.
□ Utilización de conductores unipolares aislados, de forma que se impida el contacto entre ellos y con las partes metálicas accesibles por medio de:
– La adecuada distancia de seguridad o por obstáculos.
– La utilización de conductos separados o compartimentados.
– Tubos separados.
– La utilización de cables unipolares, por ejemplo según IEC 60502, sin conductor concéntrico; cables unipolares con cubierta de goma según IEC 60245, sin conductor concéntrico.
– La utilización de conductores formados por conductores unipolares aislados de características apropiadas (por ejemplo conductores unipolares especiales con cubierta de goma), para una tensión U_0/U de al menos 1,8/3 kV o equivalente.
– La utilización de cables y conductores con cubierta de plástico tendidos de forma accesible, pero no en las proximidades de materiales combustibles, lo cual reduce el peligro de daños mecánicos en áreas eléctricas cerradas.
– Una disposición de cables y conductores que puedan arder sin peligro para su entorno (por ejemplo, cables enterrados) se considera, en lo concerniente a la protección contra el fuego, equivalente a una instalación a prueba de cortocircuitos y a prueba de faltas a tierra.

■ Todos los circuitos eléctricos de los locales de uso médico del grupo 2 deben utilizarse solamente para equipos y materiales auxiliares a ese local.

Aparamenta de conexión y de control

Protección de los circuitos eléctricos en los locales de uso médico del grupo 2
La protección contra sobreintensidades debe realizarse con interruptores automáticos de corte omnipolar. Éstos deben ser selectivos frente a los cortacircuitos.

Puestas a tierra y conductores de protección

Conductores PEN
El sistema TN-C no está autorizado en los locales de uso médico.

Otros materiales

Circuitos de alumbrado
En los locales del grupo 1 y del grupo 2, las luminarias deben estar conectadas al menos a dos circuitos, de los que uno debe ser un circuito de seguridad.
En las vías de evacuación, una de cada dos luminarias debe estar conectada al servicio de seguridad (ver el apartado contiguo "Servicios de seguridad").

Transformadores para los esquemas IT
Los transformadores deben instalarse muy próximos al local, pero separados de él, bien en el interior o en el exterior del local de uso médico.
La tensión nominal U_n del secundario del transformador en el sistema IT no debe ser superior a 230 V.

Circuitos de tomas de corriente con esquema IT, en locales de uso médico del grupo 2:
■ En cada punto donde tenga lugar el tratamiento de un paciente, por ejemplo la cabecera de una cama, se instalarán al menos dos tomas de corriente alimentadas por circuitos diferentes.

ITC-BT-38-2

■ Cuando en el mismo local de uso médico los circuitos se alimentan con otros esquemas (TN-S o TT), las tomas de corriente conectadas al esquema IT deben:
□ No ser compatibles con las clavijas de otros sistemas.
□ Estar clara y permanentemente marcadas.

ITC-BT-28
ITC-BT-40

Servicios de seguridad

Nota: En la práctica, los términos servicios de seguridad en los locales médicos y servicios de emergencia son sinónimos.

Fuentes de alimentación
Ver los apartados 3.6."Grupos generadores de BT", página L/157 y 3.7. "Alimentación para los servicios de seguridad", página L/162.

Notas:
■ En la mayoría de instalaciones médicas no es necesario disponer de una alimentación sin interrupción, pero en algunas específicas es imprescindible, por razones propias de la seguridad del paciente o por la finalidad de la actividad o por la no destrucción de la información del proceso o del mismo proceso. E incluso puede ser imprescindible la combinación de grupos generadores o dobles alimentaciones con equipos de Servicio de Alimentación Ininterrumpido (SAI).
■ Los servicios de seguridad previstos para los locales en que existen diferentes clasificaciones deben cumplir las prescripciones de la clasificaciones dadas para la alimentación que ofrezca mayor seguridad.

■ Prescripciones generales para las fuentes de alimentación de los servicios de seguridad de los grupos 1 y 2:
□ En los centros hospitalarios, ambulatorios y clínicas u otros centros similares, se necesita una fuente de alimentación para los servicios de seguridad que en caso de fallo de la alimentación normal, alimente los equipos citados en este apartado, durante un período definido después de un tiempo de conmutación permitido.
□ Si la tensión de alimentación, en el armario general de distribución, baja en uno o más conductores el 10% de la tensión nominal (ver 10-2-2 de la IEC 60601-1), una fuente de alimentación debe asegurar automáticamente la alimentación de los circuitos de seguridad.
La conmutación debe efectuarse con un retardo apropiado que tenga en cuenta los tiempos de conmutación autorizados, lo que puede ocasionar breves interrupciones de alimentación.
□ Clasificación de los servicios de seguridad necesarios para los locales de uso médico.

Clase 0,5	Corte breve, incluyendo cuando no hay interrupción	Alimentación automática disponible en 0,5 s como máximo
Clase 15	Corte medio	Disponible en 15 s como máximo
Clase > 15	Corte largo	Disponible en más de 15 s

Tabla L4-020: *clasificación por el tiempo de corte de las alimentaciones de seguridad.*

Las fuentes de alimentación están especificadas en la UNE 20460-3-351.
□ Cables de interconexión entre los componentes individuales y los subconjuntos de fuentes de alimentación de los servicios de seguridad según el apartado anterior “Prescripciones particulares para los circuitos de alimentación de los servicios de seguridad”, página L/206.
■ Prescripciones particulares para la alimentación de los servicios de seguridad:
□ Ejemplos para la asignación de números de grupos de locales de uso médico.
No es fácil realizar una lista detallada útil para todos los países puesto que existen diferentes conceptos de utilización médica de los mismos, en función de la práctica de la medicina de cada país o cultura, pero a título orientativo facilitamos una orientación de la IEC.

Locales de uso médico	Grupo			Clase		
	0	1	2	0,5	15	>15
01. Sala de masajes		■			■	
02. Sala de lavado	■					■
03. Vigilancia general (habitaciones)		■			■	
04. Sala de partos		■			■	
05. Sala ECG, EEG, EHG		■			■	
06. Sala de endoscopias		■			■	
07. Sala de reconocimientos o tratamientos		■			■	
08. Sala de preparación al parto	■					■
09. Sala de esterilización	■					■
10. Sala de urología (no siendo un quirófano)		■			■	
11. Sala de diagnóstico radiológico y de terapia, diferente a la mencionada en el n.º 20		■			■	
12. Sala de hidroterapia		■			■	
13. Sala de fisioterapia		■			■	
14. Sala de anestesia		■			■	
15. Quirófano			■	■ (1)		

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

Locales de uso médico	Grupo			Clase		
	0	1	2	0,5	15	>15
16. Antequirófano			■	■ (1)		
17. Sala de enyesados	■	■				■
18. Sala de recuperación		■			■	
19. Sala de catéteres cardíacos						
20. Sala de cuidados intensivos			■	■ (1)	■	
21. Sala de exámenes angiográficos	■	■			■	
22. Sala de hemodiálisis		■				■
23. Sala de monitorización central	■				■	
24. Resonancia magnética (MRI)		■			■	
25. Medicina nuclear		■			■	
26. Sala de prematuros		■		■ (1)	■	

1) Las lámparas de los quirófanos y los equipos de electromedicina necesitan alimentación eléctrica en 0,5 s o menos.

Tabla L4-021: *relación de la clasificación de los locales de uso médico con las necesidades de alimentación (tiempos máximos de paro).*

ITC-BT-28-2

□ Alimentación suplementaria para servicios de seguridad con tiempos de conmutación inferior o igual a 0,5 s.

Como complemento a la tabla anterior (L4-021), la alimentación de las lámparas de la mesa del quirófano y del endoscopio debe asegurarse por una fuente especial de seguridad durante al menos 3 h. En el caso de falta de tensión en uno o más conductores del CGBT, la fuente de alimentación de seguridad debe asegurar la reposición automática en un máximo de 0,5 s.

Es admisible una autonomía de al menos 1 h si se instala una fuente de alimentación de seguridad de conformidad al apartado que sigue: “Alimentación de servicios de seguridad con un tiempo de conmutación superior a 15 s”.

En las salas de endoscopia, las lámparas de las mesas de endoscopia necesitan una fuente especial de servicios de seguridad.

□ Alimentación de servicios de seguridad con un tiempo de conmutación inferior o igual a 15 s.

Según los apartados “Alumbrado de seguridad” y “Otros servicios y equipos de electromedicina”, los equipos deben conectarse en menos de 15 s a una fuente de alimentación de seguridad durante 24 h como mínimo, cuando la tensión de uno o más conductores principales en el CGBT para servicios de seguridad se reduzca más del 10% del valor nominal de la tensión de alimentación durante un tiempo superior a 3 s.

□ Alimentación de servicios de seguridad con un tiempo de conmutación superior a 15 s.

Otros equipos distintos a los citados en los dos párrafos anteriores, necesarios en el mantenimiento de los servicios hospitalarios, pueden conectarse manual o automáticamente a una fuente de seguridad durante 24 h como mínimo.

Estos equipos pueden ser por ejemplo:

– Equipos de esterilización.

– Instalaciones técnicas del edificio, en particular el aire acondicionado, los sistemas de calefacción y ventilación, servicios del edificio y el sistema de alimentación de residuos.

– Equipos de refrigeración.

– Equipos de cocina.

– Cargadores de baterías.

Estas prescripciones expuestas tienen correspondencia con el proyecto de norma IEC 64/747/FDIS de junio de 1995 y norma UNE 20460-7-710. Hoy en día se dispone de equipos más avanzados que permiten satisfacer las necesidades de suministro a los equipos de electromedicina con mayor seguridad.
Estas prescripciones están enfocadas principalmente a las necesidades del cuerpo humano, y en muchísimas ocasiones el cuerpo humano es más resistente que los equipos de electromedicina, con los que se pretende curar, investigar, diagnosticar.
La electrónica es mucho más débil que el cuerpo humano, en la mayoría de ocasiones se deberán incrementar las medidas de seguridad para que no desfallezcan las funciones de los equipos que se utilizan en el beneficio del cuerpo humano.
En España se puede disponer de alimentaciones desde dos puntos de la RED PÚBLICA y de un grupo de emergencia (ver capítulo J, apartado 16. "Aparamenta para múltiples alimentaciones", página J/789 del 3.er Volumen). Pero los tiempos de conmutación pueden ser anulados con Sistemas de Alimentación Ininterrumpida, que constantemente están transformando la corriente alterna de suministro en corriente continua y ésta en alterna y la red, aguas abajo, no se entera de ningún microcorte o corte (ver capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)", página J/725 del 3.er Volumen).
Hoy se puede garantizar una alimentación que prácticamente no tenga oscilaciones de tensión ni de frecuencia.
En todo el tratado de la IEC 64/747/FDIS UNE 20460-7-710, no se habla de la calidad de la energía (onda senoidal), es evidente que muchos equipos electromédicos para dar lecturas correctas necesitan una onda senoidal sin distorsión.
Los requisitos normativos en España y la forma de cumplimentarlos para obtener una correcta calidad energética se desarrolla en el capítulo K "Gestión técnica de edificios, el control energético y la seguridad", página K/35 del 4.° Volumen.

ITC-BT-28-3-1

Materiales a utilizar

■ Alumbrado de seguridad.

En las vías de evacuación y los locales que a continuación se mencionan, debe asegurarse la iluminación mínima necesaria con una fuente de alimentación para servicios de seguridad:

□ Vías de evacuación. En la línea central y a una altura de 0,2 m sobre el suelo o los escalones, la iluminación no debe ser inferior a 1 lux.

□ Iluminación de las señalizaciones de salida.

□ Locales para los armarios de mando y control de los generadores de socorro y para los armarios de distribución principal de la alimentación normal y de la alimentación de los servicios de seguridad. La iluminación mínima no debe ser inferior a 15 lux.

□ Locales que contengan servicios esenciales. En cada local al menos una luminaria debe estar alimentada por la fuente de servicios de seguridad.

□ Locales de uso médico del grupo 1. En cada local al menos una luminaria debe estar alimentada por la fuente de servicios de seguridad.

□ Locales de uso médico del grupo 2. La iluminación de todo el local debe estar alimentada por la fuente de servicios de seguridad.

■ Otros servicios y equipos de electromedicina.

Ejemplos de otros servicios, aparte de la iluminación, que pueden ser alimentados por fuentes de servicios de seguridad:

□ Ascensores reservados para los bomberos.

- Sistemas de extracción de humos.
- Sistemas de avisos por megafonía.
- Equipos de electromedicina utilizados en locales médicos del grupo 2 en cirugía u otras medidas de importancia vital.
- Equipos eléctricos para el suministro de gases médicos, incluido aire comprimido, instalaciones de aspiración y aspiración de anestésicos así como aparatos de control.

ITC-BT-04

Verificaciones

ITC-BT-05-4-1-9

Verificaciones en la puesta en servicio

Antes de la recepción y después de modificaciones o reparaciones y antes de la nueva recepción, se deben efectuar los ensayos de los puntos a) a h) citados a continuación, como complemento a las prescripciones del capítulo de "Verificaciones", da instrucciones exactas sobre la seguridad eléctrica de las instalaciones de acuerdo con las prescripciones de la norma UNE 20460-7-710, así como sobre las funciones y aparatos de seguridad:

a) Ensayos funcionales de los aparatos de conmutación.

b) Ensayos funcionales de los aparatos de vigilancia del aislamiento en los esquemas IT y los sistemas de alarmas acústicas/visuales.

c) Control mediante inspección visual para verificar la correcta elección y regulación de los aparatos con el fin de alcanzar una selectividad apropiada entre la fuente de alimentación y los aparatos de seguridad, que se corresponda con las del proyecto y el cálculo.

d) Medidas para verificar que la red equipotencial suplementaria está conforme con el apartado "Conexión equipotencial complementaria", página L/19.

e) Comprobación del cumplimiento de las prescripciones del apartado "Conexión equipotencial adicional", página L/204.

f) Medidas para verificar el cumplimiento de las prescripciones del apartado "Conexión equipotencial adicional", página L/204, debe realizarse con un voltímetro que indique valores eficaces con una resistencia interna no inferior a 1 kΩ. La gama de frecuencias del voltímetro no debe superar 1 kHz.

g) Comprobación del cumplimiento de las prescripciones del apartado "Servicios de seguridad", página L/207, para los servicios de seguridad.

h) Comprobación del correcto funcionamiento de los dispositivos de protección por corriente diferencial-residual.

ITC-BT-05-4-2

Verificaciones periódicas

Deben efectuarse verificaciones periódicas según los puntos descritos de a) a h), de acuerdo con la frecuencia prescrita en los reglamentos nacionales.

En ausencia de indicaciones en los reglamentos proponemos unas recomendaciones de frecuencias.

Para el punto:

- a y b). Cada 6 meses.
- c, d, e, f). Cada 12 meses.
- g). 1 mes para los siguientes ensayos de funcionamiento:
  - Fuentes de seguridad con baterías: durante 15 min.
  - Fuentes de seguridad con grupos electrógenos: hasta que se alcance la temperatura de funcionamiento.

  12 meses para los siguientes ensayos de endurancia:
  - Fuentes de seguridad con baterías: ensayos de capacidad.
  - Fuentes de seguridad con grupos electrógenos: durante 60 minutos.

  En todos los casos la potencia de utilización conectada estará entre el 50 y el 100%.
- h). Cada 3 meses.

Se deben registrar los datos de cada verificación.

4.9. Prescripciones para las puestas a tierra de instalaciones de materiales de tratamiento de la información

Los filtros radioeléctricos antiparásitos que forman parte de los materiales de tratamiento de la información, pueden producir corrientes de fuga importantes. En tales casos, un fallo en la continuidad del circuito de puesta a tierra puede producir tensiones de contacto peligrosas. El objetivo principal de estas prescripciones es el de evitar este peligro.

4.9.1. Conceptos

■ Estas prescripciones particulares se aplican a las instalaciones fijas de materiales para el tratamiento de la información; siempre que los equipos de procesos de datos:

□ Presenten una corriente de fuga superior a los límites especificados en la publicación de la IEC 60435 (seguridad de los materiales de tratamiento de la información). Para los materiales conectados a la red por medio de tomas de corriente, éstas deben ser de conformidad a la publicación de la IEC 60083 (tomas de corriente para uso doméstico y similar).

□ Cumplan las prescripciones de la publicación de la IEC 60435, con respecto a las corrientes de fuga.

Estas prescripciones se deben cumplir a partir del punto de conexión del material.

■ Descripción de la delimitación del material y la instalación.

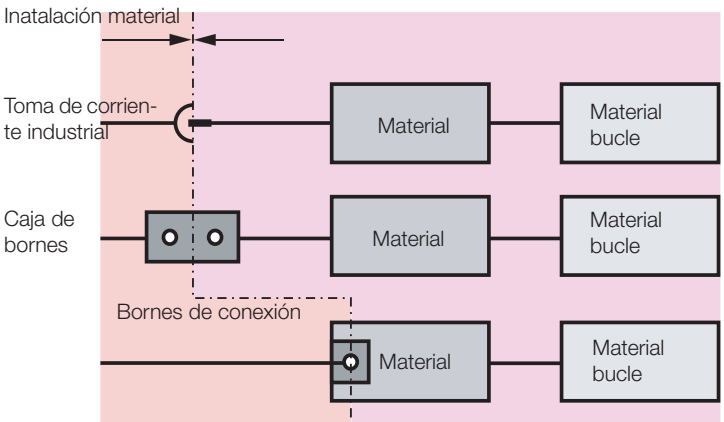


Fig. L4-022: *delimitación, en una instalación, del material y la propia instalación.*

■ Estas prescripciones pueden ser igualmente aplicadas a otras instalaciones que no traten específicamente del tratamiento de la información, pero que sean portadoras de corrientes de fuga importantes a consecuencia de la necesidad de utilizar filtros antiparásitos, tales como los equipos de telecomunicaciones o de control.

Definiciones

Debemos exponer y aclarar algunas palabras o frases de utilidad especifica del tema.

Material de tratamiento de la información

Unidades de funcionamiento con energía eléctrica que, separadamente o por sistemas en grupos, acumulan, procesan y memorizan datos. La introducción y restitución de datos puede realizarse por medio de circuitos electrónicos.

Tierra sin ruido
Conexión a tierra en la cual el nivel de perturbaciones transmitido, a partir de fuentes exteriores, no produce fallos de funcionamiento inaceptables en los equipos de procesos de datos o equipos similares conectados a la toma de tierra.

Nota: La sensibilidad expresada por la característica amplitud frecuencia varía según los tipos de los equipos.

Corriente de fuga importante
Corriente de fuga a tierra en la que su valor es superior al límite expresado en la publicación IEC 60435, para los equipos conectados mediante tomas de corriente de conformidad a la publicación IEC 60083 o análogas.

4.9.2. Protección para asegurar la seguridad

Protección complementaria contra los choques eléctricos para los materiales con corrientes de fuga importantes

■ Estas prescripciones se aplican a los materiales con corrientes de fuga importantes cualquiera que sea el régimen de neutro de la instalación.
Para los regímenes TT e IT expondremos prescripciones complementarias.

Notas:
■ En los regímenes TN donde el conductor neutro y el conductor de protección son un único conductor (TN-C) hasta los bornes de los equipos, las corrientes de fuga deben ser consideradas como una corriente de carga.
■ Los equipos que tengan corrientes de fuga importantes pueden ser incompatibles con las instalaciones que dispongan de dispositivos de protección a corriente difrerencial-residual. Debe considerarse también que tanto la corriente residual permanente, derivada de las corriente de fuga permanente, como la corriente de carga de los condensadores del filtro, pueden provocar desconexiones intempestivas.

■ Los equipos deben ser fijos y estar conectados permanentemente a las instalaciones fijas del edificio o bien conectados mediante tomas de corriente industriales.

Notas:
■ Las tomas de corriente de conformidad a la publicación IEC 60309-1 (tomas de corriente de uso industrial. Primera parte: reglas generales), son ejemplos de tomas de corriente adecuadas. Las tomas de corriente de uso general, tales como las especificadas en la publicación IEC 60083, no son adecuadas.
■ Es muy importante la verificación y el mantenimiento de las puestas y tomas de tierra, en los circuitos con equipos con fugas permanentes importantes (ver el futuro capítulo de verificaciones).

Prescripciones suplementarias para corrientes de fuga permanentes superiores a 10 mA

En el caso de que la corriente de fuga, medida de conformidad a la publicación IEC 60435 (ver apartado “Comprobación de las protecciones contra contactos indirectos y fugas (interruptores diferenciales)”, página B/33 del 1.er Volumen), los materiales deben ser conectados siguiendo una de las tres variantes siguientes:
■ Circuitos de protección de alta fiabilidad.
■ Vigilancia de la continuidad de las puestas a tierra.
■ Utilización de transformadores con doble arrollamiento.

Circuitos de protección de alta fiabilidad

Nota: La finalidad de esta prescripción es la de prever conexiones a tierra, particularmente fiables, utilizando conductores robustos o dobles, asociados a conexiones permanentes o conectores de gran solidez.

■ Los conductores de protección deben dimensionarse, adaptando la mayor sección obtenida de conformidad al apartado “Conductores de protección”, página L/139, o bien atendiendo a una de las siguientes reglas:

a) Tener una sección mínima de 10 mm^2, cuando se trata de conductores de protección independientes, o de al menos 4 mm^2 cada uno, cuando se trate de dos conductores que tengan conexiones independientes.

Nota: Los conductores de 10 mm^2 o más pueden ser de aluminio.

b) Si se utiliza un cable multiconductor, la suma de todas las secciones de los conductores debe ser como mínimo de 10 mm^2.
c) Pueden utilizarse conductores de secciones de 2,5 mm^2, si están protegidos por una conducción metálica, rígida o flexible, que mantenga una continuidad de conformidad a la publicación IEC 60614-2-1 (especificaciones para las conducciones de instalaciones eléctricas. Parte 12: especificaciones particulares para las conducciones).
d) Conducciones metálicas, rígidas o flexibles, por medio de tubos, canaletas metálicas, pantallas y armaduras metálicas que satisfagan las prescripciones de la Tabla L3-037 y su apartado, página L/156.
Cada conductor de los apartados a), b), c) y d) debe cumplir con el apartado "Conductores de protección", página L/139.

Vigilancia de la continuidad de las puestas a tierra

Nota: La finalidad de esta prescripción es vigilar la continuidad de la puesta a tierra y prever los elementos de corte automático de la alimentación en caso de fallo de la continuidad.

■ Deben preverse uno o varios dispositivos de protección que corte la alimentación de los equipos, en el caso de fallo de la continuidad de la puesta a tierra, de conformidad al apartado "Protección por corte automático de la alimentación", página L/17.
■ El conductor de protección debe cumplir con el apartado "Conductores de protección", página L/139.

Utilización de un transformador con dos arrollamientos

Nota: La finalidad de estas prescripciones es localizar el recorrido de la corriente de fuga y reducir al mínimo el riesgo de interrupción del circuito.

■ Los equipos deben ser alimentados por medio de un transformador con dos arrollamientos o fuentes que presenten una separación equivalente entre el primario y el secundario, tales como grupos motor generador. El circuito secundario debe ser preferentemente de esquema TN, pero un esquema IT puede ser obligatorio en algunos casos.
■ Las conexiones de puesta a tierra entre el material y el transformador deben satisfacer las prescripciones del apartado "Circuitos de protección de alta fiabilidad", página L/213, o del apartado "Vigilancia de la continuidad de las puestas a tierra", en esta página.

Conexión de un transformador de aislamiento

■ La alimentación puede ser mono o trifásica.
■ Los dispositivos de protección y control no están especificados.
■ C es un condensador antiparásitos.
■ L_1, L_2 y N designan las conexiones a la fuente de alimentación, y PE es el conductor de protección conectado al borne principal de tierra, donde deben coincidir con los conductores de protección de los materiales de Clase I y los conductores de puesta a tierra funcional de Clase II.

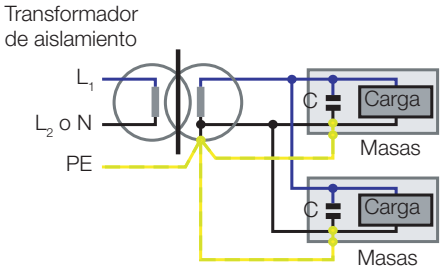


Fig. L4-023: *conexión de un transformador de aislamiento.*

Prescripciones complementarias para esquema TT

■ Puesto que el circuito está protegido por un interruptor a corriente diferencial-residual, la corriente de fuga total I_1 (en amperios), la resistencia de la toma de tierra de las masas R_A (en ohmios) y la corriente diferencial-residual asignada al dispositivo de protección IΔn (en amperios), debe cumplir la siguiente relación: $I_1 \leq \frac{I_{\Delta n}}{2} \leq \frac{U_L}{2\,R_A}$.

■ Si la prescripción del párrafo anterior no puede ser cumplida, debemos aplicar las condiciones del apartado “Utilización de un transformador con dos arrollamientos”, página anterior.

Prescripciones complementarias para esquemas IT

■ Es preferible que los materiales con corrientes de fuga importantes no sean conectados directamente a un esquema IT, en función a las dificultades de las prescripciones en relación a la tensión de contacto al segundo defecto.

■ En lo posible el material es alimentado por un esquema TN siendo la instalación principal con un esquema IT, por medio de un transformador de separación.

■ Si es posible cumplir las prescripciones del apartado “Esquema IT”, página L/21, el material puede ser conectado directamente al esquema IT. Se puede facilitar conectando directamente a la toma de tierra de la instalación todos los conductores de protección.

■ Antes de realizar la conexión directa de los materiales a un esquema IT, el instalador se debe asegurar que el material es apropiado para dicha conexión, según las instrucciones del constructor.

4.9.3. Elección e instalación de materiales eléctricos

Prescripciones de seguridad para las puestas a tierra sin ruido

Nota: El nivel de perturbaciones producidas por la instalación de puestas a tierra de las instalaciones del edificio puede ser considerado inaceptable, desde el punto de vista del riesgo del mal funcionamiento de los equipos de proceso de datos conectados.

■ Las masas de los equipos de tratamiento de la información deben ser conectados al borne principal de tierra.

Nota: El apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17, prohíbe la utilización de tomas de tierra diferentes para masas accesibles simultáneamente.

■ Esta prescripción se aplica igualmente a envolventes metálicas de materiales de Clase II o Clase III y a circuitos de MBT puesto que están unidos a tierra por razones de funcionamiento.

■ Los conductores de tierra utilizados solamente por razones funcionales no cumplen necesariamente las prescripciones del apartado “Conductores de protección”, página L/139.

Otros métodos especiales

■ En los casos excepcionales en donde se cumplen las prescripciones del apartado anterior, pero el nivel de ruido en la borna principal de tierra de la instalación no puede ser reducido a un nivel aceptable, la instalación se considera como un caso especial.

■ Las disposiciones de puesta a tierra deben procurar el mismo nivel de protección que las presentes reglas, debiendo prestarse además una atención particular para tener la garantía de que los dispositivos:

□ Aseguren una protección satisfactoria contra las sobreintensidades.

□ Eviten el desarrollo de tensiones de contacto excesivas en los equipos y aseguren la equipotencialidad entre los equipos, los elementos conductores vecinos y otros materiales eléctricos en condiciones normales de defecto.

□ Respeten las prescripciones relativas a las eventuales corrientes de fuga excesivas y no se opongan a ellas.

Instalaciones eléctricas en función de la actividad

4.10. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas en unidades móviles o transportables

4.10.1. Conceptos

Las prescripciones de este apartado son aplicables a las unidades móviles o transportables que ubiquen en su interior una instalación eléctrica. Bien sean vehículos autopropulsados o remolques, o bien contenedores o cabinas situadas sobre un chasis transportable.

Quedan fuera del alcance de estas prescripciones los grupos generadores, los barcos de recreo, las máquinas móviles de conformidad a la IEC 60240-1, las caravanas y los equipos de tracción de vehículos eléctricos.

4.10.2. La distribución

Esquemas de conexión a tierra

Nota: puesto que son utilizables los tres esquemas TT, TN, IT, las prescripciones propias de cada uno son aplicables conjuntamente con las prescripciones específicas de la función del equipo que se ha aplicado.

El uso del esquema TN-C no es aceptado.

La alimentación

Son habituales cuatro formas de alimentación:

a) Conexión a un grupo generador de BT, conforme a la IEC 60364-5-551.

Son autorizados los esquemas de conexión a tierra ECT, TN e IT.

1 Grupo generador de BT en el interior de la unidad.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.
3 Toma de tierra eventual, de escalones.
4 Conexión del punto neutro (o si no existe, un conductor activo) a la envolvente conductora de la unidad.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el interior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.

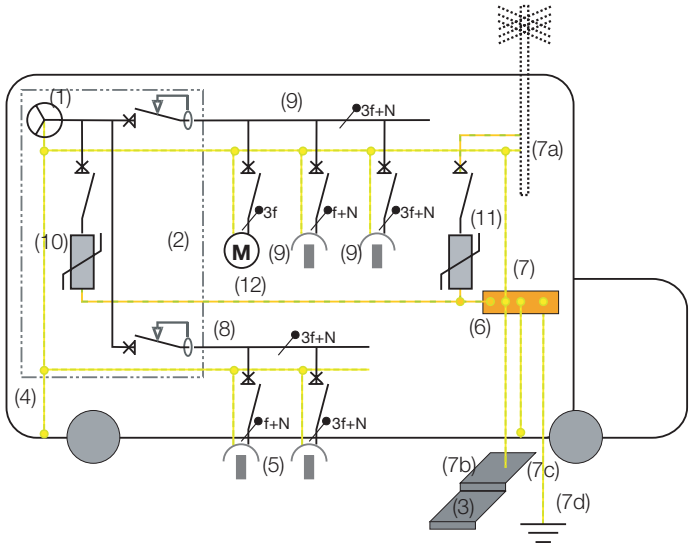


Fig. L4-024: *ejemplo de conexión de un grupo generador a baja tensión de clase I o II situado en el interior de la unidad, con o sin toma de corriente.*

7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.

7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.

7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.

8 Tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial, DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.

9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.

10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.

11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.

12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

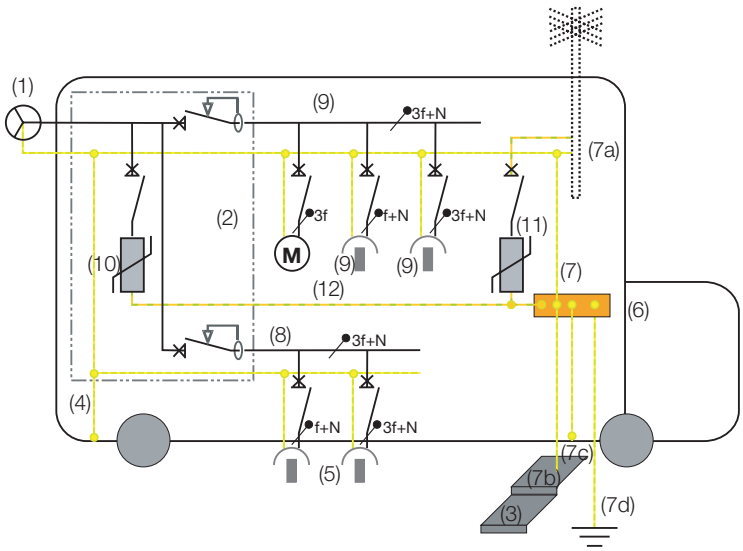


Fig. L4-025: *ejemplo de conexión a un grupo generador a BT de clase II situado en el exterior de la unidad.*

b) Conexión a una instalación eléctrica fija.
Son autorizados los esquemas de conexión a tierra ECT, TN y TT.

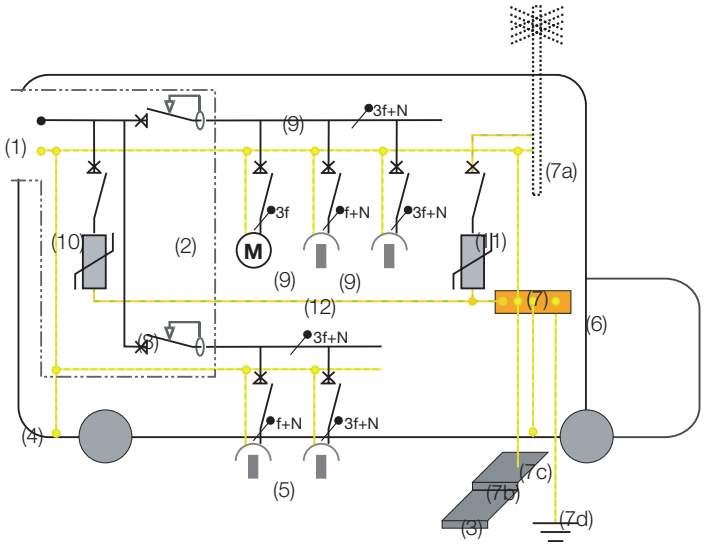


Fig. L4-026: *ejemplo de conexión con conexión a tierra para todo el esquema, de una instalación fija con corte automático de la alimentación por dispositivo de corriente diferencial residual DDR, con o sin toma de tierra.*

1 Alimentación desde una instalación fija.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.
3 Toma de tierra eventual, de escalones.
4 Conexión del punto neutro (o si no existe, un conductor activo) a la envolvente conductora de la unidad.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el interior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.

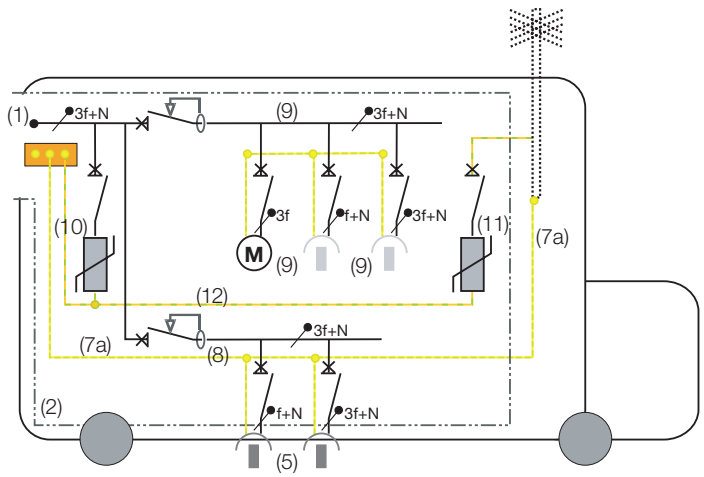


Fig. L4-027: *el mismo ejemplo que el de la Fig. L4-026, pero con unión equipotencial local no puesta a tierra, con una envolvente no conductora en el interior de la unidad.*

7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la env. conduc. de la unidad.
7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.
8 Tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.

c) Conexión por el sistema b), pero introduciendo una separación simple entre los circuitos de alimentación y el de recepción. De conformidad a la IEC 61140.

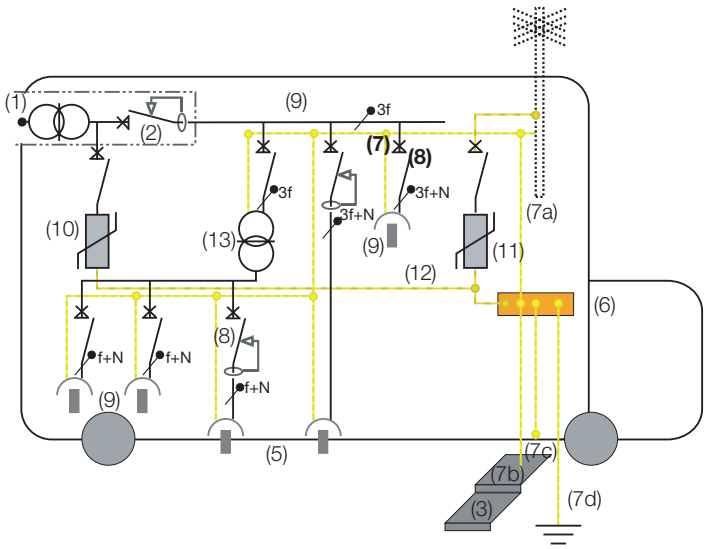


Fig. L4-028: *ejemplo de conexión a una instalación eléctrica fija, cualquiera que sea el esquema de conexión a tierra, utilizando un transformador de separación simple y un esquema IT con una toma de tierra.*

1 Alimentación desde una instalación fija, por medio de un transformador de aislamiento simple.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.
3 Toma de tierra eventual, de escalones.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.
6 Borne de toma de tierra principal.
7 Unión equipotencial principal.
7a Unión a la red equipotencial principal de una antena.
7b Conexión del borne de toma de tierra principal a la toma de tierra eventual, de escalones.
7c Conexión del borne de toma de tierra principal a la envolvente conductora de la unidad.

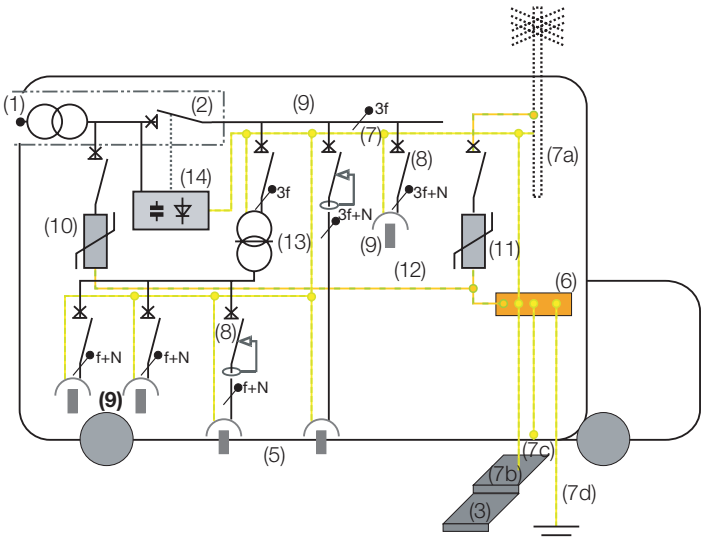


Fig. L4-029: *esquema de conexión con una separación simple y un esquema IT con control de aislamiento y corte de la alimentación al primer defecto, con o sin toma de tierra.*

7d Conexión a una toma de tierra funcional o de protección, si es necesario.
8 Tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas, protegida por un DDR.
10 Descargador de sobretensiones inducidas o inyectadas a la red PRD.
11 Descargador de sobretensiones inducidas en la antena PRI.
12 Red de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones.
13 Transformador para la obtención de tensión simple, por ejemplo 230 V.

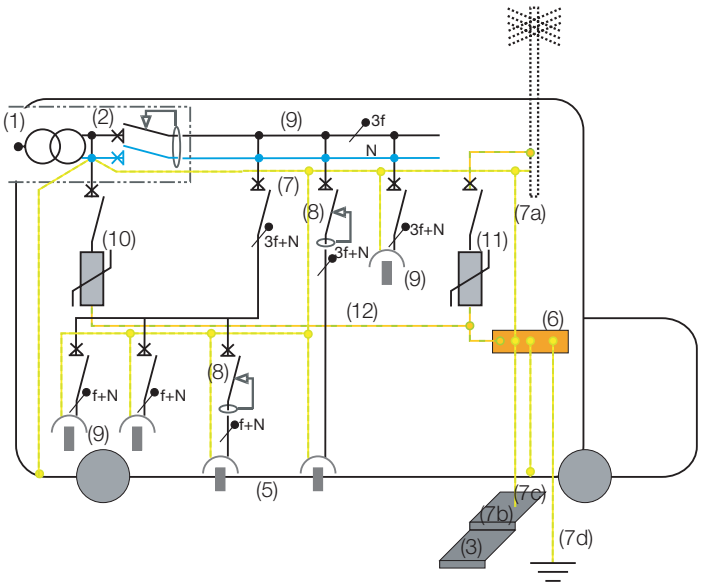


Fig. L4-030: *ejemplo de conexión con separación simple y un esquema TN con o sin toma de tierra.*

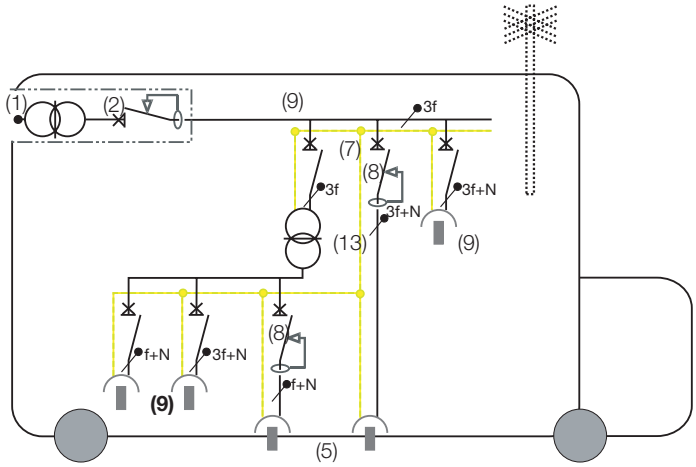


Fig. L4-031: *ejemplo de conexión a una instalación eléctrica fija, cualquiera que sea el esquema de conexión a tierra, utilizando una separación eléctrica, asegurada por un transformador de aislamiento.*

d) Conexión por el sistema b), pero introduciendo una separación eléctrica entre los circuitos de alimentación y el de recepción.

1 Alimentación desde una instalación fija, por medio de un transformador de aislamiento.
2 Envolvente con aislamiento de clase II o equivalente, hasta los bornes de salida de la protección por corte automático de la alimentación.
3 Toma de tierra eventual, de escalones, en previsión de una posible utilización.
5 Tomas de corriente para utilización exclusiva en el exterior de la unidad.
7 Unión equipotencial principal no conectada a tierra.
8 Tomas de corriente para utilización en el exterior de la unidad. Están alimentadas y protegidas a través de un interruptor automático con protección diferencial DDR de 30 mA de sensibilidad máxima.
9 Alimentaciones de cargas, situadas en el interior de la unidad, protegidas por interruptores automáticos, correspondientes a las características de las cargas y derivadas de la red de alimentación de las cargas internas.
13 Transformador para la obtención de tensión simple, por ejemplo 230 V.

Notas:
■ En los casos a), b) y c), puede ser necesaria una toma de tierra.
■ Una separación simple o una separación eléctrica es adecuada, si en el equipo móvil radican materiales para la información, o bien equipos para la reducción de las influencias electromagnéticas.

4.10.3. Protecciones contra los choques eléctricos

■ La protección por fuera del alcance de la mano no es admisible.
■ Para todas la tomas de corriente, destinadas a la alimentación de cargas situadas en el exterior de la unidad, se debe proteger con:
□ Una alimentación a muy baja tensión de seguridad MBTS.
□ Una alimentación a muy baja tensión de protección MBTP.
□ Una separación eléctrica (transformador de aislamiento simple o de seguridad).
□ Un dispositivo a corriente diferencial-residual DDR de sensibilidad menor o igual a 30 mA.

4.10.4. Protección contra los contactos indirectos

Protección por corte de la alimentación

Para las alimentaciones descritas del tipo a)

Solamente son aceptados los esquemas de conexión a tierra ECT tipo TN (Fig. L4-024) e IT (Fig. L4-025).
En el apartado 2.1.3. "Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto", página L/21, "Esquema TN", página L/17 y "Esquema IT", página L/21 de este Volumen. Apartado 3.2. "Protección por corte automático de la alimentación", página G/59, 3.2.2. "Corte automático con esquema TN", página G/65, 3.2.3. "Corte automático al segundo defecto en redes IT", página G/70 del 2.º Volumen, y en los párrafos siguientes encontraremos las prescripciones y las posibles soluciones.

Para las alimentaciones descritas del tipo b)

Solamente son aceptados los esquemas de conexión a tierra ECT tipo TN.
En el apartado 2.1.3. "Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto", página L/17, "Esquema TN", página L/23 y "Esquema IT", página L/21 de este Volumen. Apartado 3.2. "Protección por corte automático de la alimentación", página G/59, 3.2.1. "Corte automático con esquema TT", página G/62, 3.2.2. "Corte automático al segundo defecto en redes TT", página G/65 del 2.º Volumen, y en los párrafos siguientes encontraremos las prescripciones y las posibles soluciones.
La protección se realizará a través de un interruptor a corriente diferencial residual DDR de sensibilidad de 30 mA o inferior.
En unidades con envolvente interior aislante la protección se realizará por conexión equipotencial de las masas, sin puesta a tierra.

Para todas las alimentaciones descritas a), b), c) y d)

Todos los materiales aguas arriba del dispositivo de protección deben estar protegidos con materiales o envolventes de clase II (doble aislamiento).

Esquema TN

■ En las alimentaciones del tipo a) o c) y con envolvente interna conductora en la unidad, debe ser conectada al punto neutro, y si no es posible a un conductor de fase.
■ En el caso de utilización del esquema TN, en unidades con envolvente interna aislante, las masas conductoras deben estar unidas a una conexión equipotencial y ésta unida al punto neutro y si no es posible a un conductor activo.

Esquema IT

■ En el caso de utilización del esquema IT, en unidades con envolvente interior conductora, debe existir una conexión equipotencial para todas las masas conductoras y la envolvente.
■ En el caso de utilización del esquema IT, en unidades con envolvente interior aislante, debe existir una conexión equipotencial para todas las masas conductoras unidas al conductor de protección.
■ Un esquema IT puede estar formado por:
□ Un transformador de aislamiento o un generador de baja tensión, con controlador permanente de aislamiento.
□ Un transformador asegurando la separación simple, por ejemplo conforme a la IEC 61558-1, UNE-EN 61558-1, en los casos siguientes:
– Debe instalarse un controlador permanente de aislamiento con o sin toma de

tierra, que asegure el corte automático de la instalación, al primer defecto entre las partes activas y la envolvente de la unidad, o
– Debe instalarse un dispositivo a corriente diferencial residual DDR y una toma de tierra, para asegurar el corte de la alimentación en el caso de fallo del transformador de separación simple. Los materiales situados al exterior de la envolvente, deben estar protegidos por un dispositivo a corriente diferencial residual de intensidad nominal asignada menor o igual a 30 mA.

4.10.5. Prescripciones de protección contra las sobreintensidades

En los apartados 2.3. "Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades", página L/45 de este Volumen, y 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 y 3. "La aparamenta de protección contra las sobreintensidades", página H2/41 del 2.º Volumen, encontraremos las prescripciones y las posibles soluciones. No obstante, en el caso de una alimentación del tipo a) o c), con un conductor de alimentación conectado a la envolvente, este conductor puede no llevar dispositivo de protección contra las sobreintensidades.

4.10.6. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Identificación

Una placa indicativa del tipo de alimentación y sus características previstas debe situarse en un lugar visible para el utilizador y lo más próximo posible a la conexión de la alimentación.

Canalizaciones

■ Para la conexión de la alimentación, tanto para los conductores activos como para el de protección PE, deben ser conductores del tipo 245 de la IEC 60245-4, UNE-EN 60245-4, o bien conductores con alma de cobre de características equivalentes. Para el conductor de protección la sección mínima autorizada es de 2,5 mm^2 en cobre.
■ Los conductores flexibles deben ser introducidos a la unidad a través de un medio aislante, que permita evitar el deterioro del aislante del conductor.
■ Los soportes de los conductores deben estar firmemente sujetos a la unidad.
■ Para las conexiones interiores de la unidad:
□ Cables unipolares aislados con PVC conformes a la IEC 60227-3, UNE-EN 60227-3 en conductos conformes a la IEC 60614-2-2, UNE-EN 60614-2-2, o a la IEC 60614-2-3, UNE-EN 60614-2-3.
□ Cables con funda aislante de PVC conformes a la IEC 60227-4, UNE-EN 60227-4 o cables enfundados de conformidad al tipo 245 de la IEC 60245-4, UNE-EN 60245-4, si se emplean medidas de protección contra los impactos mecánicos, a las partes salientes y a la abrasión.
■ Las prescripciones descritas en este párrafo no son aplicables a los materiales de la información.

Otros materiales

■ Los bornes y tomas de corriente deben ser conformes a la IEC 60309-1, UNE-EN 60309-1 o a la IEC 60884-1, UNE-EN 60884-1.
■ Los dispositivos de conexión para la alimentación deben satisfacer la IEC 60309-2, UNE-EN 60309-2 y las prescripciones siguientes:
□ Los bornes deben disponer de una envolvente aislante.
□ Los bornes y sus bases situadas en exteriores deben disponer de un grado de protección IP44.

□ Las entradas a los aparatos y sus envolventes deben disponer de un grado de protección IP55.
□ Los bornes deben situarse en el interior de la unidad.
■ Las tomas de corriente situadas al exterior de la unidad deben estar protegidas como mínimo con un grado IP54.

4.11. Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de células fotovoltaicas (PV)

Estas prescripciones particulares son aplicables a las instalaciones eléctricas de alimentaciones (PV), que comprenden módulos de CA.

Nota: La abreviación (PV) quiere indicar (fotovoltaica solar) y está aceptada internacionalmente.

4.11.1. Definiciones

Además de las definiciones del presente capítulo, debemos considerar las de la IEC 60050(826) que son de aplicación.

Célula PV
Dispositivo PV básico para generar electricidad en el momento que está sometido a la luz, tal como los rayos solares.

Módulo PV
El conjunto más pequeño de células fotovoltaicas, interconectadas entre ellas, protegido contra el entorno.

Cadena PV
Circuito en el que los módulos PV están conectados en serie, con el fin de formar componentes en función de la tensión de salida.

Grupo PV
Conjunto mecánico y eléctrico, formado por módulos y otros componentes análogos, para construir una unidad de producción de potencia en CC.

Caja de conexiones de un grupo PV
Envolvente en la que se ubican las conexiones y las protecciones eléctricas correspondientes a todas las cadenas PV y los grupos PV correspondientes.

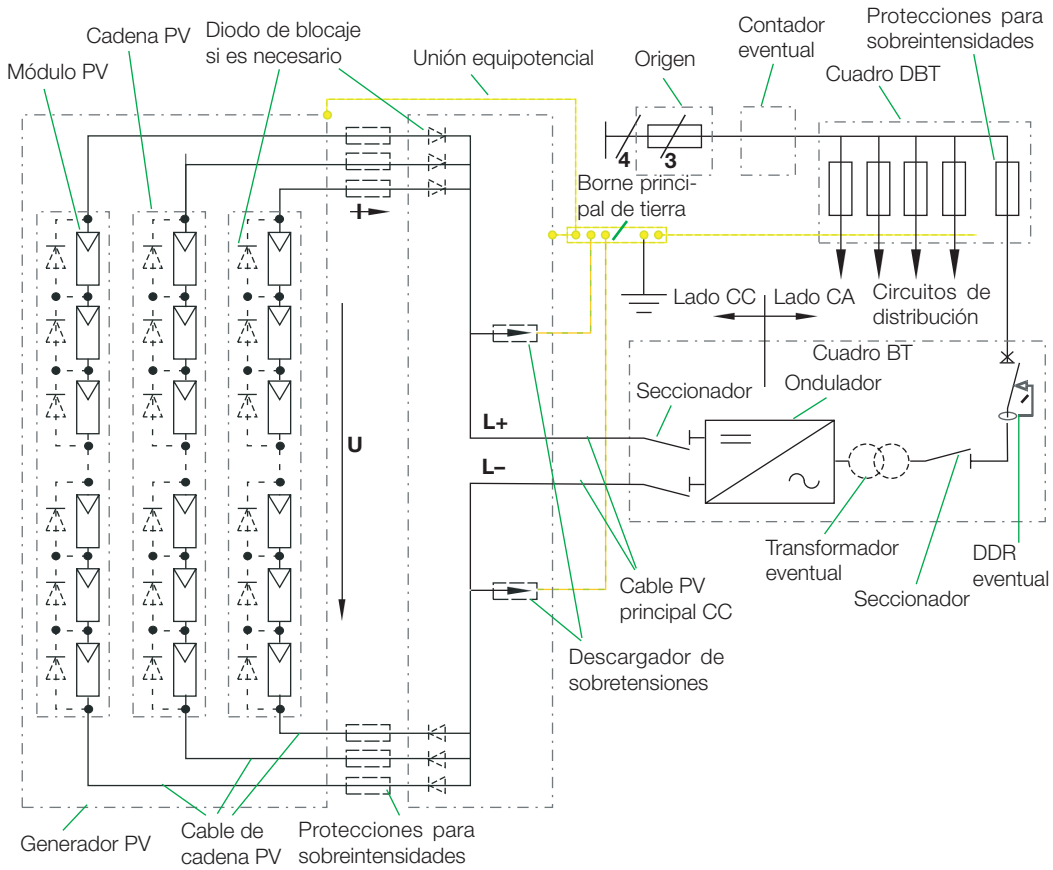
Generador PV
Unión de grupos PV.

Caja de conexión para un generador PV
Caja de conexión de los componentes de un generador PV, y de los dispositivos de protección utilizados.

Cable de cadena PV
Conductor de unión de los módulos PV para formar una cadena.

Conductor principal para CC PV
Cable de conexión de la caja de conexión de los componentes de un generador PV, hasta los bornes de CC, de un ondulador.

Ondulador PV
Oscilador para transformar la corriente continua en corriente eléctrica senoidal.



Cable de alimentación PV
Conductor de conexión de los bornes de CA, del ondulador PV hasta el origen de un circuito de distribución de energía eléctrica.

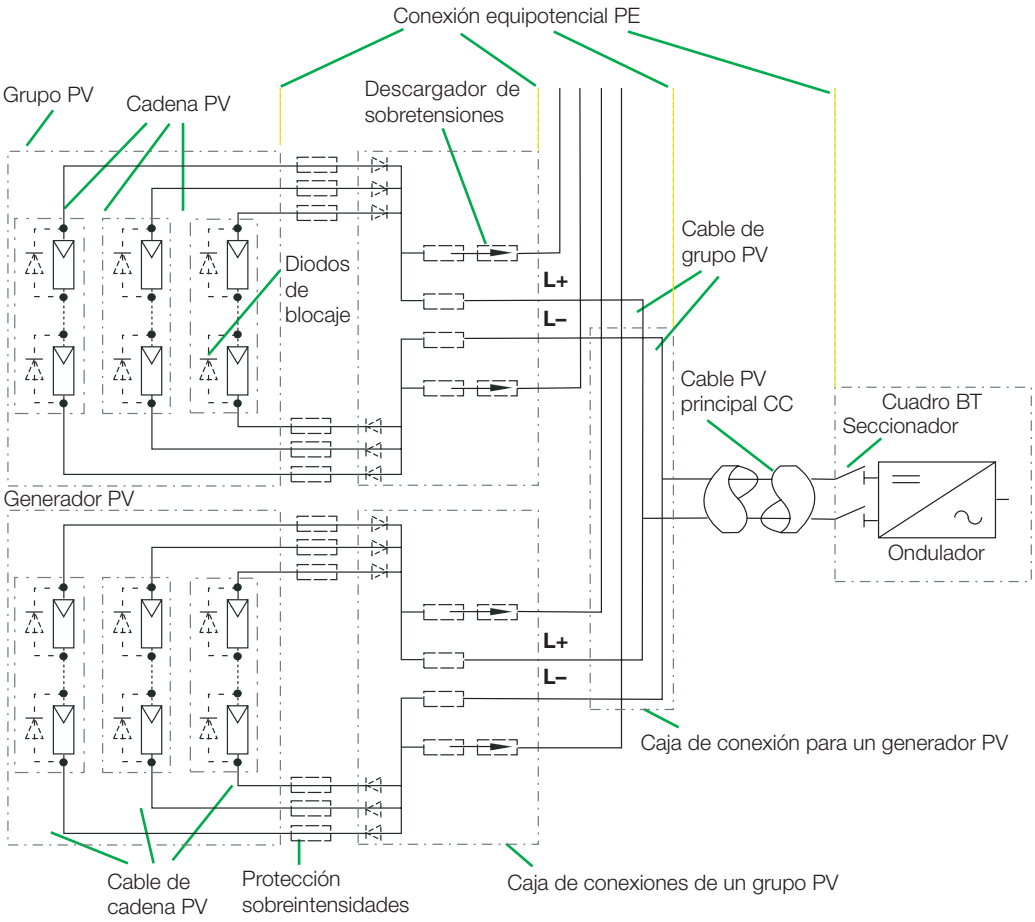
Módulo alternativo PV
Modulo integrado de célula u onduladores con acceso directo a la salida de corriente alterna.

¿Qué entendemos por una instalación PV?
El conjunto de componentes y líneas situados en una red PV.

Condiciones de ensayo normalizadas
Corresponden a las condiciones de ensayo descritas en la IEC 60904-3 para las célula y módulos PV.

Tensión en circuito abierto, bajo las condiciones de ensayo normalizadas $U_{OC\ ZTC}$
Es la tensión, en condiciones de ensayo normalizadas, en los bornes de un módulo PV, una cadena PV, un grupo PV, de un generador PV o en los bornes para CC, de un ondulador PV.

Corriente de cortocircuito en las condiciones de ensayo normalizadas $I_{SC\ STC}$
Es la corriente de cortocircuito, en condiciones de ensayo normalizadas, en los bornes de un módulo PV, una cadena PV, un grupo PV, de un generador PV o en los bornes para CC, de un ondulador PV.



Lado continuo de una instalación PV

Corresponde a la parte de una instalación PV, situada entre una célula PV y los bornes par CC, del ondulador.

Lado alterno de una instalación PV

Corresponde a la parte de una instalación PV, situada entre los bornes para CA, de un ondulador PV y el punto de conexión de la red de distribución de la instalación eléctrica.

Separación simple

Separación entre circuitos o entre un circuito y tierra, por medio de una separación principal.

Tipos de esquemas de unión a tierra

La puesta a tierra de una de las partes activas del lado de corriente continua es aceptado si instalamos una separación simple entre el lado de corriente continua y el de alterna.

Nota: Es aconsejable la puesta a tierra de una de las partes activas del lado de la CC, para evitar los problemas de corrosión.

4.11.2. Protecciones para asegurar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

■ Los materiales del lado CC, de una instalación PV, deben considerarse bajo tensión aunque se desconecte el lado de CA.
■ Los materiales elegidos y su instalación deben facilitar un mantenimiento seguro. Deben estar en concordancia con los materiales PV, para permitir un correcto funcionamiento y mantenimiento con seguridad.

Protecciones contra los contactos directos e indirectos

Protecciones a MBTS o MBTP

Para las redes a MBTS o MBTP, $U_{OC\ STC}$ sustituye a U_n y no deben superar los 120 V CC.

Protección en caso de defecto

Nota: La protección en el lado de CC necesita de medidas particulares que están en estudio por la IEC.

En el apartado 2.1.3. “Protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto”, página L/17 de este Volumen. Apartado 3.2. “Protección por corte automático de la alimentación”, página G/59 del 2.º Volumen, y en los párrafos siguientes encontraremos las prescripciones y las posibles soluciones:
■ En el lado de CA, el cable de alimentación PV debe conectarse, aguas abajo de un dispositivo de protección por corte automático de la instalación.
■ Si una instalación PV no presenta una separación simple entre el lado de CC, y el de CA. El dispositivo a corriente diferencial residual DDR a instalar debe ser del tipo B. conforme a la IEC 60755, segunda modificación. UNE-EN 60755 segunda modificación.
■ Si en ondulador PV, por construcción, no puede inyectar fugas de CC a la red, no es necesario que el interruptor diferencial DDR sea del tipo B conforme a la IEC 60755, segunda modificación. UNE-EN 60755 segunda modificación.
■ Es recomendable utilizar preferentemente materiales de clase II (doble aislamiento) o con un aislamiento equivalente.
■ La protección por locales o emplazamientos no conductores, en el lado de CC, no está autorizada.
■ La protección por conexión equipotencial, no unida a tierra, en el lado de CC, no está autorizada.

Protección contra las sobrecargas en el lado de corriente continua

■ Una protección contra las sobrecargas puede omitirse, si los conductores de las cadenas PV y de los grupos PV, están sobredimensionados y son capaces de conducir en las condiciones de instalación 1,25 veces o más, la $I_{SC\ STC}$ en toda su longitud.
■ Una protección contra las sobrecargas puede omitirse sobre el conductor principal PV, si el conductor está sobredimensionado y es capaz de conducir en las condiciones de instalación 1,25 veces o más, la $I_{SC\ STC}$ del generador PV.

Nota: Las prescripciones de los dos párrafos anteriores no son aplicables si no se dan las condiciones descritas. Deberán aplicarse las recomendaciones del constructor de los materiales PV.

Protección contra las corrientes de cortocircuito

El cable de alimentación PV del lado de CA deberá protegerse por un fusible o un interruptor automático debidamente dimensionado. Aguas arriba del conductor.

Protección contra las interferencias electromagnéticas (CEM) del edificio

Para minimizar las tensiones inducidas por los rayos, la superficie de los bucles entre las conexiones debe ser la menor posible.

4.11.3. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Reglas comunes

Conformidad a normas

■ Los módulos PV deben ser conformes a normas apropiadas. Por ejemplo para módulos cristalinos a la IEC 61215, UNE-EN 61215.
■ Es recomendable utilizar preferentemente módulos PV con envolvente de clase II (doble aislamiento) o con un aislamiento equivalente, si la $U_{OS\,STC}$ de las cadenas no supera los 120 V CC.
■ Las cajas de conexiones del generador PV y de un grupo PV, así como las uniones de la aparamenta deben ser conformes a la IEC 60439-1, UNE-EN 60439-1.

Condiciones de funcionamiento e influencias externas

■ Los materiales eléctricos del lado a CC deben ser apropiados a la tensión y corriente continua.
■ Los módulos PV pueden ser conectados en serie en función de la tensión máxima autorizada en circuito abierto del módulo PV y del ondulador PV. De ambas el menor valor. Las especificaciones apropiadas las debe facilitar el fabricante de los materiales PV.
■ Si se utilizan diodos de blocaje, su tensión inversa asignada debe ser $2 \cdot U_{OC\,STC}$ de la cadena PV. Los diodos de blocaje deben ser conectados en serie con las cadenas PV.
■ Aunque el fabricante de los módulos PV no lo especifique, los módulos PV deben ser instalados de forma que se asegure la disipación térmica con un máximo de radiación solar de la zona.

Canalizaciones

Elección e instalación en función de las influencias externas

■ Los conductores de las cadenas PV, de los grupos PV y los conductores principales del generador PV, del lado a CC, deben ser elegidos e instalados de forma que se reduzca al máximo el riesgo de un defecto a tierra o de un cortocircuito.

Nota: Esto se puede conseguir, por ejemplo, reforzando la conducción contra las influencias externas o utilizando conductores unipolares armados.

■ Las canalizaciones deben poder resistir las influencias externas locales, tales como: el viento, las heladas, la temperatura, los rayos solares...

Seccionamiento, corte y mando

Seccionamiento

Para permitir el mantenimiento del generador PV se deben prever seccionadores tanto para el lado de continua como para el de alterna.

Nota: Descripciones complementarias relativas al seccionamiento de una instalación PV, funcionando en paralelo con la red de distribución pública se exponen en la IEC 60364-5-55.

Dispositivos de seccionamiento

■ En la elección e instalación de los dispositivos de seccionamiento y mando, entre una instalación PV y la red pública. Se debe considerar la instalación PV como una carga y la red pública como la fuente.

■ Se ha de prever un seccionador en el lado de continua del ondulador PV.
■ Todas las cajas de conexiones deben llevar la indicación que pueden estar en tensión aunque se haya desconectado el ondulador PV.

Puesta a tierra, conductores de protección y uniones equipotenciales
Los conductores de equipotencialidad instalados en la obra deben ser colocados en paralelo y lo más próximos posible de los conductores de corriente alterna, de corriente continua y de sus accesorios.

Instalaciones eléctricas en volúmenes de características especiales

4.12. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en recintos conductores de dimensiones reducidas

4.12.1. Conceptos

■ Las prescripciones particulares de este capítulo se aplican a las instalaciones en recintos conductores de dimensiones reducidas, y a la alimentación de aparatos en su interior.
■ Un recinto conductor de dimensiones reducidas, es un local en el que las paredes están construidas de elementos metálicos conductores, y en el que una parte importante del cuerpo humano puede estar en contacto con ellas, y dada las dimensiones del local es imposible evitar el contacto.
■ Las prescripciones particulares de este capítulo no se aplican a los emplazamientos que permiten, a una persona, la libertad de movimientos para trabajar, entrar y salir del habitáculo sin dificultades.
■ Las prescripciones particulares del capítulo se aplican a los equipos fijos en recintos conductores de dimensiones reducidas y a la alimentación de equipos portátiles de uso en su interior.

Nota: Para las operaciones de soldadura por arco eléctrico, véanse las normas UNE 20816 y UNE 20817.

4.12.2. Protección para garantizar la seguridad

ITC-BT-36

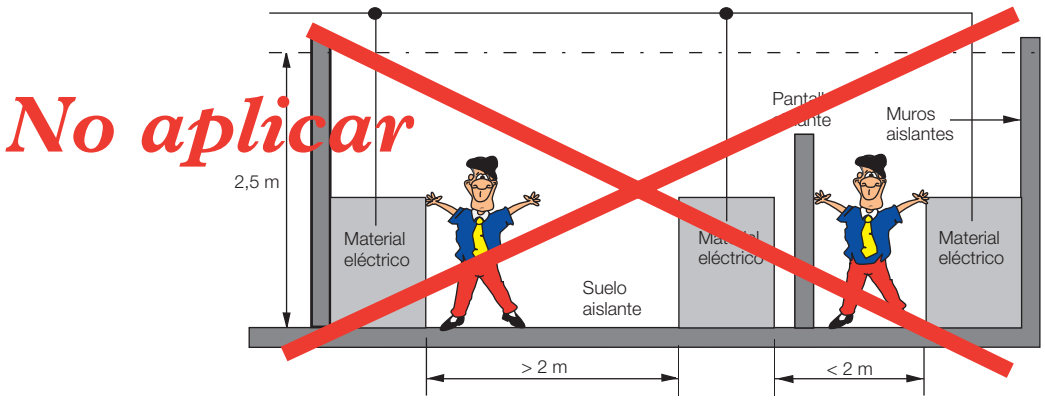
Protección contra los choques eléctricos
Cuando se utilice MBTS, la protección contra los contactos directos debe estar asegurada, cualquiera que sea la tensión nominal:
■ Ya sea mediante barreras o envolventes, con un grado de protección mínimo de IP2X.
■ Ya sea mediante un aislamiento capaz de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante 1 minuto.

4.12.3. Aplicación de las medidas de protección para asegurar la seguridad

ITC-BT-24

Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos
No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15 y “Protección por fuera de alcance, por alejamiento”, página L/16.



ITC-BT-24

Protección contra los contactos indirectos

■ Sólo se admiten las siguientes medidas de protección:

a) Para la alimentación de útiles portátiles y de aparatos de medida portátiles:

□ Ya sea por muy baja tensión de seguridad MBTS, según apartado “Limitación de la tensión”, página L/12.

□ Ya sea por separación eléctrica según apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28, limitado a un solo aparato por cada devanado secundario del transformador de aislamiento.

Nota: Un transformador de aislamiento puede tener varios devanados secundarios.

b) Para la alimentación de lámparas de balizamiento:

□ La MBTS según apartado “Limitación de la tensión”, página L/12.

Notas:

■ También se admite una luminaria fluorescente alimentada por un transformador elevador incorporado (con dos devanados) alimentados a MBTS.

■ Las prescripciones particulares para los materiales portátiles diferentes de los mencionados en a) y b) están es estudio por la IEC.

c) Para la alimentación de materiales fijos:

□ Ya sea por el corte automático de la alimentación, apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17; una unión equipotencial suplementaria, según apartado “Conexión equipotencial complementaria”, página L/19, debe unir las masas de las partes fijas y las partes conductoras del recinto.

ITC-BT-36

□ Ya sea por alimentación con MBTS, según apartado “Limitación de la tensión”, página L/12.

□ Ya sea por la separación de seguridad de los circuitos, según apartado “Protección mediante separación eléctrica”, página L/28, limitado a un sólo aparato por cada devanado secundario del transformador de aislamiento.

ITC-BT-43

□ Ya sea por la utilización de materiales de Clase II o con un aislamiento equivalente, protegidos por un interruptor de corriente diferencial-residual de una intensidad IΔn no superior a 30 mA; con la condición de que disponga de un grado de protección IP adecuado.

■ Las fuentes de seguridad y de aislamiento deben ser instaladas fuera del recinto, a no ser que formen parte de la instalación fija, de forma permanente, en el interior del recinto, en las condiciones del apartado c) anterior.

■ Si para ciertos materiales tales como los aparatos de medida o control fuera necesario disponer de una toma de tierra funcional, deben unirse mediante una unión equipotencial todas las masas y todos los elementos conductores del interior del recinto, con toma de tierra funcional.

ITC-BT-49

4.13. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en el mobiliario

4.13.1. Conceptos

■ Las prescripciones de este capítulo son aplicables a las canalizaciones en el mobiliario y análogo, conectadas a la instalación de un edificio.
■ Pueden ser camas, armarios, mesas, mesas de despacho, estanterías de almacenes..., en los cuales se ubican materiales eléctricos, tales como luminarias, tomas de corriente, dispositivos de seccionamiento, conducciones...
■ Las prescripciones son aplicables al mobiliario conectado de forma fija a la instalación eléctrica de un edificio, al mobiliario estándar y al conectado por medio de una toma de corriente a la instalación fija de un edificio, con la excepción de los casos en que el mueble esté incluido en normas específicas de la IEC, por ejemplo: radios, televisores, frigoríficos, mesas de laboratorio...
■ El equipo eléctrico del mueble debe ser conectado a una tensión nominal de 240 V CA, y no sobrepasar una intensidad de 16 A.
■ Cualquier mueble equipado con un equipo eléctrico será considerado como un receptor.

Definiciones

Muebles
Elementos móviles tales como pupitres, sillas, mesas, bancos de trabajo, armarios, camas..., situados en locales de uso doméstico, comerciales e industriales para utilizarlos en el trabajo o en el ocio.

4.13.2. Elección e instalación de materiales eléctricos

Reglas comunes

Los materiales eléctricos y los accesorios para las canalizaciones del mobiliario deben ser elegidas e instaladas de forma que sean adecuadas al entorno, en especial a los impactos mecánicos y al riesgo de incendio.

Canalizaciones

Conexión entre la instalación fija del edificio y el mueble
La conexión de la instalación fija con la del mueble debe ser una conexión fija o por medio de una toma de corriente.

ITC-BT-49-2-2

Elección de las canalizaciones
■ Las canalizaciones entre las instalaciones fijas del edificio y el mueble deben ser con:
□ Cables conformes a las IEC 60502, 60227-3 o 60245-1, si la conexión es fija.
□ Cables flexibles y cordones de caucho de conformidad a la IEC 60245-4.
□ Cables flexibles y cordones de PVC de conformidad a la IEC 60227-5, si la conexión es por medio de una toma de corriente.
■ Una conexión que puede estar sometida a desplazamientos debe realizarse en cables flexibles o cordones de conformidad a la IEC 60245-4 o IEC 60227-5.

ITC-BT-49-2-3

Sección de los conductores
■ Los conductores deben ser de cobre y su sección no debe ser inferior a 1,5 mm^2.
■ La sección de los cables flexibles y cordones puede ser reducida a 0,75 mm^2 en cobre, si la alimentación no es a través de una toma de corriente y su longitud no supera los 10 m.

Métodos de instalación de las canalizaciones

■ Los cables y los cordones deben ser protegidos de forma apropiada contra los impactos. Deben ser fijados sobre las paredes del mobiliario o en conductos de tubo, canaletas o cavidades de la construcción previstas para este fin.

■ Los cables y cordones deben ser protegidos contra las tracciones y las torsiones. A este fin, deben preverse medidas de protección en el punto de entrada del material y en la proximidad de las conexiones.

Elección de los accesorios

■ Los accesorios de las canalizaciones deben satisfacer la IEC 60670, así como la UNE 20491.

■ Las reglas siguientes:

□ Resistencia mecánica elevada.

□ Los accesorios deben ser fijados sobre el mueble.

□ Su resistencia térmica debe ser conforme a la IEC 60695-2-1-1, UNE-EN 60695-2-1 (850 ºC para el ensayo del hilo incandescente).

□ La protección contra la penetración de objetos sólidos debe ser de IP3X según el apartado 8.3. “Protección proporcionada por las envolventes IP o IK”, página F/341 del 1.er Volumen.

L
4

Otros materiales

Luminarias y otros materiales eléctricos

■ Las luminarias y los demás materiales eléctricos deben ser elegidos de conformidad a los apartados siguientes.

■ La temperatura máxima de las envolventes de las luminarias y de los demás materiales no debe sobrepasar los valores siguientes:

□ 90 ºC en funcionamiento normal.

□ 115 ºC en caso de defecto.

ITC-BT-41

A demás, se deben aplicar las instrucciones del fabricante, en especial las concernientes al emplazamiento y a las distancias de seguridad frente a los elementos inflamables.

■ En cuanto al uso de luminarias en el mueble, deben indicar la potencia máxima de la lámpara, si la luminaria no puede albergar una lámpara de potencia superior sin riesgos adicionales.

■ Si la potencia disipada por el material eléctrico es susceptible de generar temperaturas, en espacios cerrados, capaces de crear riesgos de incendio, se debe instalar un interruptor que desconecte al cierre de la puerta del espacio considerado. Es el caso de luminarias instaladas en el interior de un armario.

Instalaciones eléctricas al aire libre

4.14. Instalaciones eléctricas en parques de caravanas y en caravanas

Deberán realizarse según lo establecido en la norma IEC 60364-7-708, UNE 20460-7-708 y la ITC-BT-41 del reglamento de BT.

4.14.1. Conceptos

Las prescripciones particulares de este capítulo son aplicables a las partes de las instalaciones eléctricas de los parques de caravanas que suministran la alimentación de los vehículos de recreo (comprendidas las caravanas), o de las tiendas de campaña, así como a la instalación eléctrica del interior de las caravanas y de las caravanas a motor, para tensiones nominales no superiores a 440 V.

No son de aplicación en las instalaciones interiores de viviendas móviles, en los vehículos fijos de recreo, en los hangares transportables y análogos, ni en las construcciones de temporada o en las obras.

Definiciones

Vehículo de recreo
Unidad equipada para habitar en ocupación temporal o de forma estacional y que satisface las prescripciones para la construcción y utilización de vehículos móviles:
■ Caravana.
Vehículo de recreo remolcable, utilizado para el turismo, que satisface las prescripciones para la construcción y utilización de vehículos móviles.
■ Caravana a motor.
Vehículo de recreo autopropulsado, utilizado para el turismo que satisface las prescripciones para la construcción y utilización de vehículos móviles.

Nota: Puede consistir en la adaptación de vehículos de serie, o concebidos y construidos sobre un chasis ya existente, con o sin cabina de conducción, pudiendo, el habitáculo, ser fijo o desmontable.

■ Casa móvil.
Vehículo de recreo transportable que incluye medios para su desplazamiento pero que no satisface las prescripciones de construcción y utilización de los vehículos de carretera.

Emplazamiento de caravanas
Emplazamiento del terreno destinado a ser ocupado por un vehículo de recreo.

Parque de caravanas
Superficie de terreno que contiene varios emplazamientos de caravanas.

Punto de alimentación eléctrica de caravanas
Material que comprende los medios de conexión y desconexión de los cables de alimentación de los vehículos de recreo con la red de suministro eléctrico.

4.14.2. Protección para garantizar la seguridad

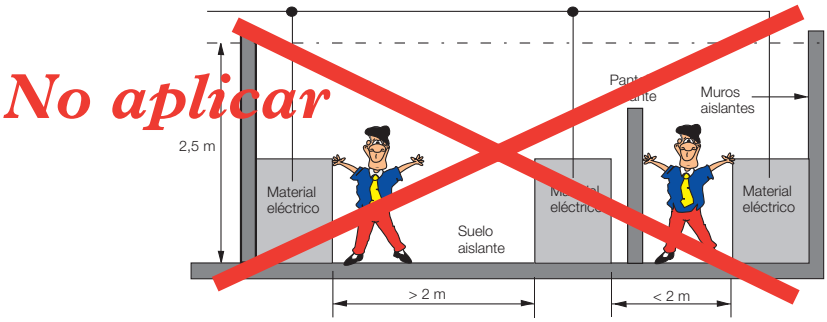
Reglas particulares para los parques de caravanas

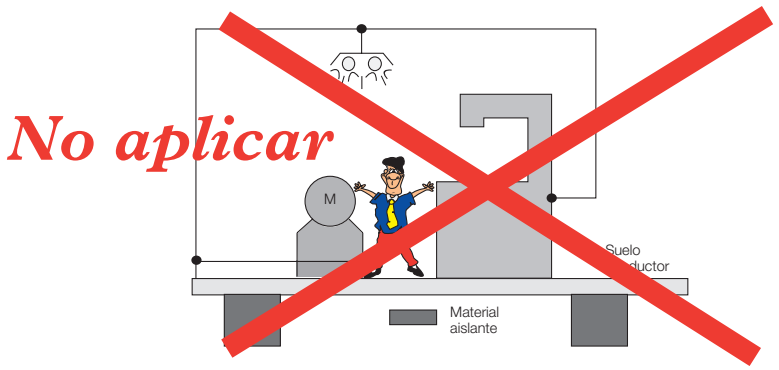
Protección contra los choques eléctricos
No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15, “Protección por fuera de alcance, por alejamiento”, página L/16 y “Protección en locales o emplazamientos no conductores”, página L/27.

Nota: En realidad excluye los materiales de Clase 0.

Reglas particulares para las caravanas, comprendidas las caravanas a motor

Protección contra los choques eléctricos
No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15 y “Protección por fuera de alcance, por alejamiento”, página L/16:
■ Protección por corte automático de la alimentación.
Las canalizaciones deben llevar un conductor de protección unido al contacto de protección de toma de corriente de la caravana y unido también a las masas de los materiales eléctricos y a los contactos de protección de las bases de toma de corriente en la caravana.
■ Conexión equipotencial:
□ Los elementos conductores de la caravana deben estar unidos al conductor de protección de la instalación, en varios puntos si es necesario, si el tipo de construcción no asegura la continuidad. La sección nominal de los conductores que





garanticen estas uniones no deben ser inferiores a 4 mm^2 si es de cobre o que tenga, si es de otro material, una conductividad y una resistencia mecánica equivalente.

□ Si la caravana está constituida esencialmente de material aislante, estas prescripciones no se aplicarán a las partes metálicas aisladas que, en caso de defecto, no sean susceptibles de quedar bajo tensión.

■ Protección en emplazamientos no conductores.

No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad al apartado “Protección en locales o emplazamientos no conductores”, página L/27.

4.14.3. Elección e instalación de los materiales eléctricos

A) Elección e instalación de los materiales eléctricos para los parques de caravanas

Canalizaciones

Las siguientes descripciones de canalizaciones son apropiadas para los circuitos de distribución que alimentan los puntos de suministro eléctrico de los emplazamientos de caravanas.

Nota: La instalación preferente es la subterránea, que alimente todos los puntos de conexión de las caravanas.

■ Circuitos de distribución subterráneos.

Las canalizaciones subterráneas deben, a menos que no estén provistas de protección mecánica adicional, estar situadas fuera de cualquier zona de emplazamiento de caravanas o fuera de cualquier área donde puedan ser clavados los soportes de tiendas o las piquetas de anclaje (ver apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen).

■ Circuitos de distribución aérea:

□ Todos los conductores aéreos deben estar aislados.
□ Los postes y otros soportes de líneas aéreas deben estar situados o protegidos de tal forma que no puedan ser dañados por ningún movimiento previsible de los vehículos.
□ Los conductores aéreos deben estar situados a una altura no inferior a 6 m sobre el suelo en todas las zonas donde los vehículos puedan desplazarse, y a 3,5 m de altura en las demás zonas.

Aparamenta

■ Punto de alimentación eléctrica de la caravana.
El punto de alimentación eléctrica debe estar situado al borde del emplazamiento y como máximo a 20 m del punto de conexión del vehículo de recreo o tienda.
■ Bases de tomas de corriente:
□ Las bases de tomas de corriente para la alimentación de un vehículo de recreo deben tener una de las disposiciones a elegir previstas en la norma UNE-EN 60309-2.
Deben estar colocadas en envolventes que dispongan de una resistencia al fuego, según la norma UNE 20672-2-1, al nivel de 850 ºC para las partes que están en contacto con tensión y de 650 ºC para las partes que no están en contacto

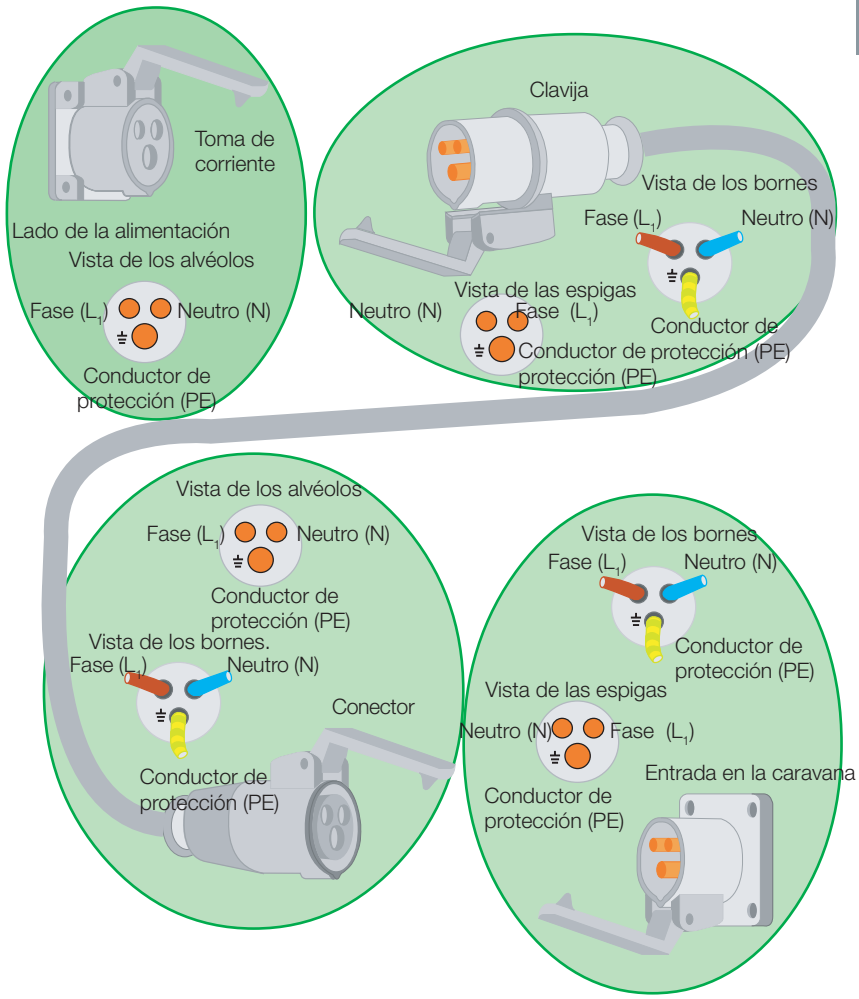


Fig. L4-032: *ejemplo de conexión de una alimentación eléctrica con fase (L_1) + neutro + conductor de protección (PE), a una caravana.*

con tensión (envolventes), a menos que estén determinados otros valores en la norma específica del material correspondiente.
□ Las bases de tomas de corriente deben estar situadas a una altura comprendida entre 0,8 m y 1,5 m del nivel del suelo a su parte inferior.
□ La corriente asignada de las tomas de corriente debe corresponder a la máxima solicitada y como mínimo 16 A.
□ Deberá preverse como mínimo una base toma corriente para cada vehículo de recreo.
□ Cada base de toma de corriente debe llevar una protección individual contra las sobrecargas.
□ Las bases de toma de corriente deben estar protegidas por un interruptor a corriente diferencial-residual, con una corriente asignada IΔn igual o menor a 30 mA. Un mismo dispositivo no debe proteger más de 3 bases de toma de corriente.

Nota: Se recomienda situar en el emplazamiento del punto de alimentación eléctrica de las caravanas un aviso en el que se indique que un defecto a un circuito puede provocar la interrupción del suministro a las otras tomas de corriente.

Prescripciones particulares para los dispositivos de conexión
■ Los medios de conexión entre la base de la toma de corriente del emplazamiento de caravanas y la caravana deben estar constituidos por:
□ Una clavija con contacto de protección tal y como se especifica en la Norma UNE-EN 60309-2.
□ Un cable flexible del tipo H07 RN-F o equivalente, que cumpla las características siguientes:
– Longitud: 25 m.
– Sección mínima: 2,5 mm^2.
– Color de identificación:
Conductor de protección: bicolor, verde amarillo.
Conductor neutro: azul claro.
□ Un conector de conformidad a las especificaciones de la UNE-EN 60309.

B) Elección e instalación de los materiales eléctricos para las caravanas, comprendidas las caravanas a motor

Canalizaciones

Disposiciones
■ El sistema eléctrico puede estar constituido por una o varias instalaciones eléctricas independientes.
■ Cada una de estas instalaciones independientes deben ser alimentada por un dispositivo de conexión distinto.

Cables y conductos
■ Deben utilizarse los siguientes tipos de conductores:
□ Cable unipolar con conductor flexible aislado, sin cubierta, tipo H07 V-K, dentro de conducto no metálico.
□ Cable unipolar con conductor rígido cableado aislado, sin cubierta, con un mínimo de 7 hilos H07 V-R, dentro de conducto no metálico.
□ Cables flexibles, bajo cubierta reforzada de policloropreno, o elastómeros sintéticos equivalente, tipo H05 RN-F.
■ Los conductos deben cumplir con la norma UNE 20334-1 (el tipo en polietileno no debe ser utilizado).
■ Secciones:
□ La sección de los conductores debe ser adecuada a la carga a alimentar dentro de la caravana y en todo caso no debe ser inferior a 1,5 mm^2.

Nota: Se llama la atención sobre los efectos de los sistemas térmicos sobre la corriente admisible en los conductores. Por su efecto, puede ser necesario usar secciones mayores.

□ Los conductores de protección unifilares deben estar aislados.
■ Protección mecánica.
Las canalizaciones que están sometidas a vibraciones deben protegerse contra los daños mecánicos mediante emplazamiento adecuado o por protecciones complementarias. Las canalizaciones que atraviesan paredes metálicas deben protegerse mediante manguitos apropiados, sólidamente fijados. Deben tomarse todo tipo de precauciones para evitar los daños mecánicos debidos a los cantos vivos y a las superficies abrasivas.
■ Separación.
Las canalizaciones de baja tensión deben estar separadas de las de muy baja tensión (MBT) y deben disponerse de tal forma que se evite todo riesgo de contacto físico entre las dos canalizaciones.

Recorrido
■ A menos que estén dispuestos dentro de conductos, los conductores deben estar sujetos mediante elementos aislantes de fijación a intervalos no superiores a 400 mm, para los recorridos verticales y a no más de 250 mm para recorridos horizontales.
■ Los cables inaccesibles deben ser continuos (sin empalmes).
■ Las conexiones y uniones de cables deben efectuarse dentro de cajas, concebidas expresamente para este fin y para proporcionar una protección mecánica. Si la cubierta de la caja puede retirarse sin ayuda de herramientas, las conexiones deben estar aisladas.
■ Los conductores y las cajas de conexión deben ser de un material que satisfaga las especificaciones de la norma UNE 20672-2-1 (apartado 3-3-2-1), a menos que estén determinados otros valores en las especificaciones del material correspondiente.
■ Ninguna canalización debe situarse ni atravesar ningún compartimiento destinado a la colocación de los recipientes de gas.

Aparamenta

Entrada
■ La entrada debe tener una base de conector apropiado, como se especifica en la norma UNE-EN 60309-2, al tipo de conector previsto sobre el dispositivo de conexión y debe llevar un contacto de protección.
■ La entrada debe instalarse:
□ Tan alta como sea posible, pero como máximo a 1,8 m del nivel del suelo.
□ En un emplazamiento fácilmente accesible.
□ En una zona adecuada, con cubierta protectora, en el exterior de la caravana.
■ Deberán preverse en el exterior, situadas en la proximidad de la zona prevista para la entrada, las siguientes indicaciones:
□ Tensión nominal.
□ Corriente nominal.
□ Frecuencia nominal.

Interruptor principal
■ Toda la instalación eléctrica debe llevar un interruptor principal que corte los conductores activos, comprendido el neutro, si lo hubiera, situado dentro de la caravana en un lugar fácilmente accesible.
■ Debe colocarse una nota informativa en un lugar visible, en la proximidad del interruptor principal. Esta información debe estar escrita en el idioma del país en el que la caravana es vendida por primera vez y debe llevar como mínimo las siguientes informaciones:

- Forma de conexión y desconexión, al llegar y al marchar de un emplazamiento.
- Forma de actuación en caso de defecto.
- Forma de sustitución de un fusible, si procede.
- Recomendaciones para las verificaciones periódicas.

Protección de los circuitos contra las sobreintensidades

■ Todo circuito terminal debe estar protegido contra las sobreintensidades por un dispositivo individual que corte todos los conductores activos.

■ Si la instalación consta de un sólo circuito terminal, el dispositivo de protección prescrito en este apartado puede ser utilizado como interruptor principal según lo prescrito en el apartado "Interruptor principal" en página anterior, si se satisfacen todas las condiciones de este apartado.

Pequeña aparamenta

Generalidades

La pequeña aparamenta, tal como bases toma corriente, interruptores, portalámparas y análogos, deben ser del modelo que no tenga partes metálicas accesibles.

Bases de tomas de corriente

■ Las bases de tomas de corriente de BT deben llevar un borne para la conexión del conductor de protección. Esta regla no se aplica a las tomas de corriente alimentadas individualmente por un transformador de separación.

■ Cuando dentro de la misma caravana se prevén también bases de tomas de corriente a muy baja tensión MBT, todas las bases de la instalación de baja tensión BT deben ser de un tipo que no admita la conexión de las clavijas de muy baja tensión MBT.

Exposición a la intemperie

Cuando una base de toma de corriente u otra aparamenta se encuentre en un emplazamiento expuesto a los efectos de la humedad, debe ser construido o dispuesto de forma que posea un grado de protección no inferior a IP55.

Aparatos de utilización

Todo aparato que está permanentemente conectado a las canalizaciones fijas debe estar asociado por un interruptor instalado sobre el aparato o en su proximidad, a no ser que el aparato lleve ya de origen un interruptor incorporado.

Luminarias

■ Las luminarias deben estar preferentemente fijadas a la estructura o a los revestimientos interiores de la caravana.

Cuando se instalan luminarias suspendidas, deben tomarse las disposiciones convenientes para la fijación de las luminarias, con el fin de evitar cualquier daño al cable flexible y a las luminarias durante el desplazamiento de la caravana.

Deben tomarse las disposiciones convenientes para la fijación de las luminarias, con el fin de evitar cualquier daño al cable flexible y a las luminarias durante el desplazamiento de la caravana.

Los accesorios asociados a las luminarias suspendidas deben ser apropiados a la masa suspendida.

■ Las luminarias destinadas a funcionar a dos tensiones diferentes deben:

- Estar equipadas de portalámparas diferentes para cada tensión.
- Llevar junto a cada portalámparas las indicaciones claras e indelebles de la potencia y tensión.
- Estar concebidas de forma que el funcionamiento simultáneo de las dos lámparas no cause ningún daño o avería.

□ Estar concebidas de forma que se evite todo contacto entre los circuitos de baja tensión BT y muy baja tensión MBT.
□ Presentar una disposición en los bornes de baja tensión y de muy baja tensión, que garantice una separación satisfactoria de las canalizaciones de baja tensión BT y de muy baja tensión MBT.
□ Estar concebida de forma que las lámparas no puedan montarse en los portalámparas previstos para otra tensión.

Instalaciones a muy baja tensión

Generalidades

■ Toda parte de una instalación de caravana que funcione a muy baja tensión MBT debe satisfacer las prescripciones del apartado “Limitación de la tensión”, página L/12.
■ Para los suministros a muy baja tensión en corriente continua se aplican las siguientes tensiones normalizadas 12 V, 24 V o 48 V CC, y en corriente alterna 12 V, 24 V, 42 V y 48 V CA, ambas especificadas en la norma UNE 21301.

Bases de tomas de corriente

Todas las bases de tomas de corriente alimentadas a muy baja tensión MBT, deben llevar la indicación clara de su tensión y ser de forma que no permita la entrada de una clavija de baja tensión BT.

Instalaciones eléctricas en los compartimientos que contengan una bañera o ducha

Se aplican las prescripciones del apartado 4.3. “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales con un baño o una ducha”, página L/173.

Normas implicadas

En el caso de que una norma sea modificada se beberá aplicar la última edición HD, EN o UNE vigente.

Norma IEC	Año	Título	EN/HD	Año	Norma UNE correspondiente
60038 (mod.)	1983	Tensiones nominales de las redes eléctricas de distribución pública de BT	HD 472 S1	1989	UNE 21301-91
60309		Tomas de corriente para usos industriales	–	–	–
60309-2	1981	Parte 2: Reglas de intercambiabilidad dimensional para los accesorios a espigas y alvéolos	–	–	UNE-EN 60309-2
60614		Especificación de los conductores para las instalaciones eléctricas	–	–	UNE 20334-1
60695-2-1	1980	Ensayos relativos a los riesgos del fuego. Parte 2: Método de ensayo del hilo incandescente y guía	HD 44.2 S1: 1980	1983	UNE 20672-2-1
Norma ISO ISO/DIS 8818		Vehículos habitables de recreo. Caravanas. Instalaciones eléctricas a MBT	–	–	–

Tabla L4-033: *normas implicadas en la instalación de parques de caravanas y caravanas.*

ITC-BT-35

4.15. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en granjas, zonas agrícolas u hortícolas

4.15.1. Conceptos

Las prescripciones particulares de este capítulo se aplican a las instalaciones fijas de los establecimientos agrícolas, hortícolas y ganadería en los cuales se hallan los animales (tales como cuadras, establos, gallineros, porquerizas, locales para la preparación de pienso de animales, graneros, recintos para el heno, la paja y los fertilizantes) o que estén situados en el exterior, estando excluidos los locales habitables.

4.15.2. Protección para garantizar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

■ Cuando se utilice MBTS, la protección contra los contactos directos debe estar asegurada, cualquiera que sea la tensión nominal:

□ Ya sea mediante barreras o envolventes, con un grado de protección mínimo de IP2X.

□ Ya sea mediante un aislamiento capaz de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante 1 minuto.

■ Las tomas de corriente deben estar protegidas por dispositivos de protección a corriente diferencial-residual de como máximo $I\Delta n$ = 30 mA, según el apartado "Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial-residual", página L/16.

■ Cuando la protección de las personas contra los contactos indirectos está asegurada de conformidad al apartado "Protección por corte automático de la alimentación", página L/17. La tensión límite convencional U_L ha de ser, como máximo, de 25 V en CA, y 60 V en CC, alisada.

ITC-BT-36-3

■ En los locales donde se encuentran los animales, una equipotencialidad suplementaria debe unir todas las masas de todos los elementos conductores que pueden ser tocados por los animales, y el conductor de protección de la instalación.

Nota: Se aconseja disponer en el suelo de un mallado metálico unido al conductor de protección.

Protección contra los efectos térmicos

Protección contra incendios

■ Para prevenirse contra los riesgos de incendios, la protección debe garantizarse por el uso de dispositivos a corriente diferencial residual, de intensidad nominal máxima de 500 mA.

■ Los aparatos de calefacción utilizados en los locales de cría de animales deben ser fijos y deben estar a una distancia apropiada de los animales y de las materias combustibles, a fin de evitar todo riesgo de quemaduras en los animales o de incendio.

■ Para los aparatos radiantes la distancia debe ser al menos de 0,5 m, si no es especificada una distancia mayor, en las instrucciones del fabricante del aparato.

Protección contra efectos térmicos

Notas:

■ Deben tenerse en cuenta las condiciones de evacuación de los animales en caso de urgencia, en este caso pueden ser aplicables las prescripciones del apartado "Condiciones de evacuación en caso de urgencia", página L/41.

■ En los locales donde existe riesgo de incendio, son aplicables las reglas del apartado "Naturaleza de las materias tratadas o almacenadas", página L/42.

4.15.3. Elección e instalación de los materiales

Reglas comunes

Los materiales eléctricos instalados como uso normal, deben poseer como mínimo el grado de protección IP44.

Nota: Grados de protección más elevados podrán ser utilizados según las influencias externas.

Canalizaciones

Está en estudio por la IEC.

Aparamenta

Nota: Se recomienda proteger los circuitos terminales mediante dispositivos de corriente diferencial-residual, de intensidad asignada IΔn lo más pequeña posible y nunca superior a 30 mA, debiendo tener en cuenta la necesidad de evitar las desconexiones intempestivas.

Dispositivos de corte y mando

Los dispositivos de corte de urgencia, comprendidos los de paro de emergencia, no deben estar situados en zonas accesibles a los animales, o donde su acceso pueda ser dificultado por los animales, teniendo en cuenta las condiciones que pueden resultar de un estado de pánico de los animales.

Otros materiales

ITC-BT-39

Notas:

■ Cuando las cercas eléctricas están emplazadas en las cercanías de líneas eléctricas aéreas, deberán respetarse unas distancias apropiadas, a fin de limitar las corrientes inducidas.

■ Para la cría intensiva de animales deben de tomarse en consideración la supervivencia de los animales.

Instalaciones eléctricas provisionales

ITC-BT-33

4.16. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en obras y derribos

4.16.1. Conceptos

■ Las prescripciones particulares para las instalaciones provisionales en la ejecución de obras y derribos para:

□ La construcción de nuevos edificios.

□ Los trabajos de reparación, modificación, mantenimiento, extensión o demolición de edificios existentes.

□ Trabajos en la vía o espacios públicos.

□ Trabajos de excavación.

□ Trabajos análogos.

■ Estas reglas no son de aplicación a los trabajos de minería a cielo abierto o similares, los cuales se regulan según la IEC 60621.

■ Las partes de edificios que sufren transformaciones tales como ampliaciones, reparaciones importantes o demoliciones parciales, se consideran como obras, a efectos de las instalaciones eléctricas, si para su ejecución necesitan una instalación temporal.

■ En los locales de servicio para las obras (oficinas, vestuarios, salas de reunión, comedores, restaurantes, dormitorios, locales sanitarios, etc.), son de aplicación las prescripciones generales de la parte 1.ª a la 6.ª de la IEC 60364.

Nota: En condiciones especiales son aplicables prescripciones más severas, por ejemplo las correspondientes al apartado 4.12. “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en recintos conductores de dimensiones reducidas”, página L/229.

■ En España las instalaciones fijas, en las obras, están limitadas al provisional de obras, que comporta el contaje y el aparato general de mando y los dispositivos generales de protección. Ver apartado “Acometidas desde redes aéreas para instalaciones provisionales (feriantes)”, página D/24 del 1.er Volumen.
■ Las instalaciones aguas abajo se consideran móviles a excepción de las diseñadas e instaladas, según el apartado 3.2. “Selección e instalación de las canalizaciones”, página L/97.

4.16.2. Determinación de las características generales

Alimentación

Todo material debe estar identificado en función de la fuente que lo alimenta y sólo debe incluir elementos que pertenezcan a una sola y misma instalación, excepto para circuitos de alimentación, de señalización o mando.

Nota: Una misma obra puede estar alimentada a partir de varias fuentes, incluidos los generadores fijos o móviles.

4.16.3. Protección para garantizar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

Protección por corte automático de la alimentación

Esquema IT. En la utilización de esquemas IT se deben prever controladores permanentes de aislamiento.

Medidas de protección contra los choques eléctricos

■ Como complemento al apartado 2.1. “Medidas de protección contra los choques eléctricos”, página L/11, se deben aplicar las siguientes especificaciones:
□ Cuando la protección de las personas contra los contactos indirectos está asegurada de conformidad al apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17. La tensión límite convencional U_L ha de ser, como máximo, de 25 V en CA, y 60 V en CC, alisada.

Nota: Cuando la protección en esquema TN, de conformidad al apartado “Protección por corte automático de la alimentación”, página L/17. Mantienen una tensión máxima de 110 V en CA, con una tensión entre fase y tierra de 55 V (en monofásica) o 63,5 V (en trifásica). Se considera una aplicación especial que permite que las tomas de corriente no estén sujetas a la siguiente medida de protección.

■ Las tomas de corriente deben estar protegidas por dispositivos de protección a corriente diferencial-residual IΔn de como máximo 30 mA, según el apartado “Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial-residual”, página L/16, o alimentadas a MBTS según el apartado “Limitación de la tensión”, página L/12, o protegidas por separación eléctrica de los circuitos, estando cada toma de corriente alimentada por un transformador individual, según el apartado “Protección mediante seccionamiento eléctrico”, página L/28.

Nota: Las tomas de corriente deben cumplir la norma UNE-EN 60309-2.

4.16.4. Elección e instalación de los materiales

Reglas comunes

■ Todos los conjuntos de aparamenta empleados en la instalación deben cumplir la IEC 60439-4, UNE-EN 60439-4.
■ Los materiales fijos y los de instalación deben cumplir como mínimo el grado de protección IP44.
■ Los conjuntos de aparamenta deben cumplir el grado de protección especificado en la IEC 60439-4, UNE-EN 60439-4.

■ Los demás materiales deben tener un grado de protección en función de las influencias externas.

Canalizaciones

■ Las canalizaciones deben estar dispuestas de forma que no se ejerza ningún esfuerzo sobre las conexiones de los conductores, a menos que estén previstas especialmente para este efecto.
■ Con el fin de evitar deterioros en los conductores, éstos no deben estar tendidos en pasos para peatones o vehículos. Si tal tendido es necesario, debe disponerse una protección especial contra los daños mecánicos y contra los contactos fortuitos en posibles situaciones de trabajos en su entorno.

Aparamenta

Aparamenta de mando y de seccionamiento

■ En el origen de cada instalación debe estar dispuesto un conjunto que incluya el interruptor general de mando y los dispositivos de protección principal.
■ Deben disponerse sobre la alimentación de cada conjunto de alimentación o de distribución uno o varios dispositivos que aseguren las funciones de seccionamiento y de corte en carga.
■ Deben disponerse medios de corte de emergencia sobre la alimentación de cada uno de los aparatos conectados, para los cuales puede ser necesario cortar todos los conductores activos (fases y neutro), para suprimir el peligro.
■ Los dispositivos de seccionamiento y de protección de los circuitos de distribución pueden estar dispuestos en el conjunto principal o en conjuntos distintos del conjunto principal.
■ Los dispositivos de seccionamiento de las alimentaciones deben poder ser bloqueados en posición de abiertos, ver apartado “Seccionamiento”, página L/73 (por ejemplo, por enclavamiento o ubicación en el interior de una envolvente cerrada).
■ La alimentación de los aparatos de utilización debe realizarse a partir de conjuntos de distribución, incluyendo cada conjunto:
□ Los dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
□ Los dispositivos de protección contra contactos indirectos.
□ Las bases para tomas de corriente.
■ Las alimentaciones de seguridad y de sustitución deben estar conectadas mediante dispositivos diseñados de forma que impidan toda interconexión de las distintas alimentaciones.

Tomas de corriente

Las tomas de corriente deben estar:
■ En el interior de los conjuntos descritos en el apartado anterior.
■ O en el exterior sobre paredes de estos conjuntos cofrets.

4.17. Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en exposiciones, espectáculos y casetas (de exhibición o de feria)

4.17.1. Conceptos

Exposiciones

Acontecimientos destinados a la presentación o venta de productos, unidos a un emplazamiento adecuado, habitación, cubierto, edificio o una estructura temporal.

Espectáculo
Presentación o manifestación, unidos a un emplazamiento adecuado, habitación, cubierto, edificio o una estructura temporal.

Caseta o stand
Zona o estructura temporal utilizada para la presentación, la publicidad, la venta, el juego...

Estructura temporal
Elemento o parte de un ente, formado por elementos móviles transportables, situados al exterior o en un interior y destinado a ser montado y desmontado.

Instalación eléctrica temporal
Instalación eléctrica ejecutada en la obra y desmontada al mismo tiempo que la obra (caseta, stand...).

Origen de la instalación eléctrica temporal
Punto de una instalación fija a partir del cual se deriva la energía eléctrica para la instalación temporal.

4.17.2. Determinación de las características generales

Alimentación
La tensión nominal para las instalaciones eléctricas en exposiciones espectáculos y casetas no debe ser superior a 230/400 V en CA.

Clasificación de las influencias externas
Las condiciones para las influencias externas están en función del emplazamiento de la instalación provisional y deben tener en cuenta, por ejemplo, la presencia de agua, los choques mecánicos....

4.17.3. Protección para asegurar la seguridad

Protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos indirectos
Protección por corte automático de la alimentación:
■ Esquema TN.
Solamente se puede utilizar el esquema TN-S.
Para la aplicación de las medidas de protección contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación, la tensión límite convencional de contacto, para las personas y los animales, es de U_L = 25 V CA, en valor eficaz y 60 V en CC, alisada, y los tiempos máximos de corte efectivo corresponden a la Tabla L2-009, página L/39.
Estas condiciones también son aplicables en los emplazamientos en que existan elementos conductores donde los animales son guardados.
■ Unión equipotencial suplementaria.
En los emplazamientos utilizados por animales, una unión equipotencial suplementaria debe unir todas las masas y elementos conductores que puedan ser tocados simultáneamente, además del conductor de protección.
Si en el suelo disponemos de un mallado metálico, éste debe ser conectado a la unión equipotencial local suplementaria, necesaria en los emplazamientos donde se permita la presencia de animales.

Los elementos conductores de vehículos, carretillas, caravanas o contenedores deben estar unidos al conductor de protección por diversas tomas si, la propia construcción, no asegura la continuidad eléctrica de todas las partes. La sección nominal de los conductores utilizados para esta función no debe ser inferior a 4 mm^2 en cobre.
Si los vehículos, carretillas, caravanas o contenedores están realizados mayoritariamente en material aislante y las partes metálicas existentes no son susceptibles de quedar en tensión en caso de defecto, estas prescripciones no son aplicables a estas partes metálicas.

Protección contra los efectos térmicos

■ Las instalaciones deben atender las prescripciones del apartado 2.2. “Las medidas de protección contra los efectos térmicos”, página L/40.

■ Si la TBTS o la TBTP son utilizadas, la protección de los conductores debe realizarse por un aislamiento capaz de soportar durante 1 minuto una tensión de 500 V CA, o por barreras o envolventes procurando un grado de protección IP4X o IPXXD.

Seccionamiento

■ Cada estructura temporal (tales como un vehículo, caseta, stand o unidad destinada a ser ocupada por un utilizador específico) y cada circuito de distribución que alimente una instalación exterior deben estar previstos con sus propios elementos de seccionamiento, de fácil accesibilidad e identificación.

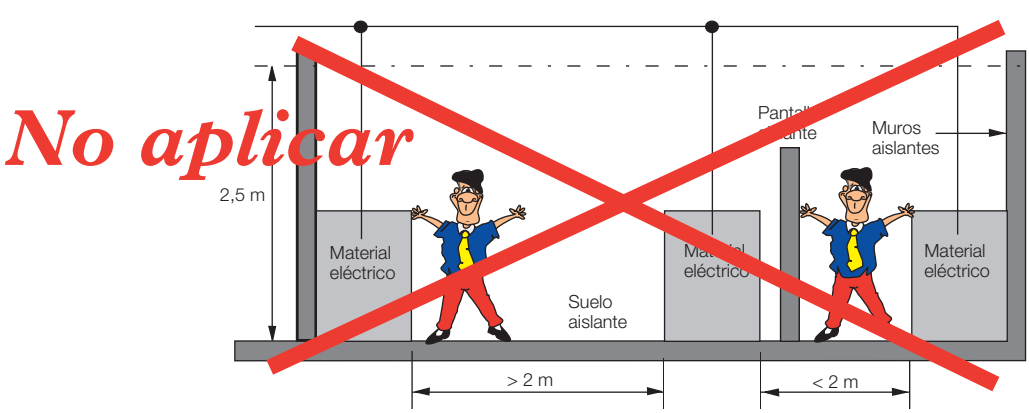
■ Los dispositivos de seccionamiento deben ser elegidos e instalados de conformidad al apartado 3.3.7. “Dispositivos de seccionamiento y mando”, página L/132.

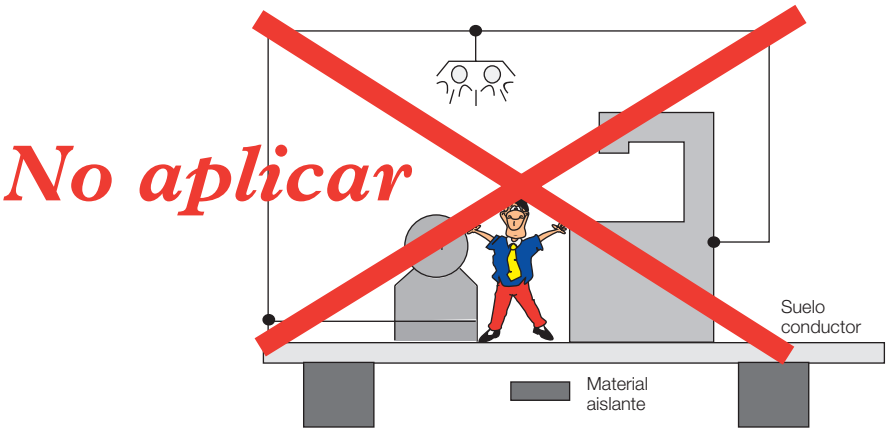
■ Los interruptores automáticos o diferenciales considerados por la IEC como seccionadores se pueden utilizar.

4.17.4. Aplicación de las medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

■ No se admiten medidas de protección contra los choques eléctricos de conformidad a los apartados “Obstáculos”, página L/15, “Protección por fuera de alcance, por alejamiento”, página L/16 y “Protección en locales o emplazamientos no conductores”, página L/27.





4.17.5. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Elección de las medidas de protección en función de las influencias externas

■ Se recomienda que el corte automático general de una instalación para exposiciones, espectáculos y casetas sea mediante un interruptor diferencial de intensidad nominal IΔn no superior a 500 mA, de conformidad a las normas de construcción IEC 60947-2 o del tipo S de conformidad a la IEC 61008-1 o 61009-1, para poder obtener una selectividad con los dispositivos a corriente diferencial-residual de los circuitos terminales.

Nota: La recomendación relativa a una protección complementaria está en función del riesgo a situaciones peligrosas de los conductores, en función del entorno del emplazamiento temporal.

■ Todos los circuitos terminales para alumbrado, cargas o tomas de corriente que no superen los 32 A, deben estar protegidos de forma complementaria por un interruptor a corriente diferencial-residual no superior a 30 mA, de intensidad IΔn de actuación en caso de fuga.

Protección contra incendios

■ La protección contra incendios debe satisfacer las prescripciones del apartado “Elección de las medidas de protección contra incendios en función de las medidas externas”, página L/41.
■ Un motor con mando automático o a distancia y que no está vigilado permanentemente, debe estar equipado con un dispositivo de protección contra las temperaturas excesivas a reenganche manual.

Calor emitido

■ Los materiales de alumbrado tales como las lámparas incandescentes, las spots y los pequeños proyectores, y otros equipos o aparatos que generen temperaturas elevadas en sus superficies, deben disponer de una protección apropiada e instalarse de conformidad a la normativa vigente.
■ Estos materiales deben ser instalados lejos de los materiales combustibles de forma que se impida todo posible contacto.
■ Las vitrinas iluminadas y los paneles de fijación deben ser de materiales resistentes al calor, a los esfuerzos mecánicos, y disponer de un buen aislamiento

eléctrico y una ventilación apropiada, también se debe tener en cuenta la resistencia al calor de los materiales expuestos, especialmente al enfocar el alumbrado sobre ellos.

■ Los escaparates que ubican una concentración de materiales eléctricos, de alumbrado o lámparas susceptibles de emitir cantidades de calor excesivos, deben estar equipados con ventilación forzada con materiales incombustibles.

Elección e instalación de materiales eléctricos

Reglas comunes

La aparamenta de mando y protección debe situarse en envolventes cerradas que no puedan abrirse sin la ayuda de un útil, a excepción de las destinadas a ser manipuladas por personas clasificadas (BA1), según definición de la IEC 60364-3, UNE-EN 60470-3 artículo 322-1.

Identificación

Los transformadores y convertidores TBT deben ser marcados de forma clara e indeleble con las indicaciones siguientes:

■ El detalle de las protecciones de los circuitos secundarios.

■ Cuáles son a reenganche manual.

■ La potencia de salida asignada en VA.

Canalizaciones

Deben usarse cables blindados o con protección mecánica en todas las partes con riesgos de erosión mecánica.

Las almas de los conductores deben ser de cobre con una sección mínima de 1,5 mm^2, de conformidad a la IEC 60227 o a la IEC 60245 según la clase.

La longitud de los cables flexibles no debe sobrepasar los 2 m.

■ Tipos de canalizaciones.

□ Puesto que los edificios que albergan estas instalaciones temporales no disponen forzosamente de sistema de alarma de incendios, las canalizaciones deben ser:

□ Resistentes al fuego de conformidad a la IEC 60332-1, a la IEC 60332-3 y a la IEC 61034 con respecto a los humos que desprenda.

□ O bien introducir los conductores, no armados, en conducciones metálicas (tubos o canaletas cerradas) o no metálicas, pero procurando un grado de protección al fuego de conformidad a la IEC 60614 o a la IEC 61084 con un grado de protección mínimo de IP4X.

■ Conexiones eléctricas:

□ No deben realizarse conexiones en los conductores salvo si es necesario para la conexión de un circuito.

□ La conexiones que deban realizarse han de ser de conformidad a normas, instaladas dentro de envolventes que presenten un grado de protección mínimo de IP4X o IPXXD.

□ Si se pueden transmitir esfuerzos mecánicos a los bornes a través de los conductores, éstos deben embridarse de forma que puedan soportar estos esfuerzos y vibraciones, sin transmitirlas a los bornes.

Nota: El grado de protección especificado y en particular la referencia de fijación de los conductores es apropiado para instalaciones con concurrencia y utilización de personas no expertas.

Otros materiales

■ Instalación de alumbrado:

□ Luminarias.

Las luminarias situadas a menos de 2,5 m de altura del suelo, o susceptibles de contactos fortuitos, deben ser firmemente y adecuadamente fijadas, y deben ser situadas o protegidas de forma que no puedan producir ninguna lesión a las personas y/o la inflamación de los materiales.

□ Portalámparas.

Los portalámparas con penetración aislante del conductor no se deben utilizar, salvo si los cables y los portalámparas son compatibles y los portalámparas no son desmontables una vez penetrado el conductor.

■ Instalación de lámparas de descarga.

Las instalaciones de todo tubo o lámpara de tensión superior a 230/400 V CA, para la iluminación de un escaparate o vitrina, deben satisfacer las condiciones siguientes:

□ Emplazamiento.

El tubo o lámpara debe estar situado fuera del alcance de la mano, o debe ser convenientemente protegido para no producir ninguna lesión a las personas.

□ Instalación.

Los carteles luminosos o el material de apoyo (inferior o posterior) o el de las lámparas debe ser de material no inflamable y protegido según la prescripción de las normas nacionales.

La aparamenta en que la tensión de salida es superior a 230/400 V CA debe instalarse sobre material no inflamable.

□ Corte de urgencia (emergencia).

Los carteles, las lámparas o las vitrinas deben ser alimentadas por un circuito independiente y provistas de un dispositivo de corte de urgencia (emergencia).

Este dispositivo debe ser instalado en un lugar visible, accesible y marcado segun los reglamentos de las administraciones locales.

■ Motores eléctricos:

□ Seccionador.

Si un motor es susceptible de entrar en situaciones peligrosas, debe estar equipado con un dispositivo de seccionamiento omnipolar. El seccionador debe estar instalado próximo al motor que controla (ver IEC 60204-1).

■ Transformadores y convertidores electrónicos TBT:

□ Los transformadores TBT de múltiples conexiones deben ser conformes a la IEC 60742 o presentar un grado de protección equivalente.

□ Un dispositivo de reenganche manual debe proteger cada secundario del transformador o convertidor electrónico.

□ Una sola condición referenciamos para los transformadores, que deben estar instalados fuera del alcance del público y debidamente ventilados.

□ El acceso de estos transformadores para las personas cualificadas o advertidas debe ser posible, para que puedan realizar las verificaciones y el mantenimiento correspondiente.

□ Los convertidores electrónicos deben ser conformes a la IEC 61046.

■ Tomas de corriente:

□ Debe instalarse un número apropiado de bases de tomas de corriente, con el fin de permitir satisfacer las normas de seguridad.

□ Si se instalan tomas de corriente en el suelo es necesario protegerlas contra la penetración de agua.

□ Un solo cable o cordón debe ser conectado a cada toma de corriente.

□ Las multitomas (ladrones) no deben ser utilizadas.

□ El uso de los bloques multitomas debe limitarse a los siguientes casos:

– Un material alimentado por zócalo fijo, y

– Una longitud máxima de 2 m del conductor flexible conectado al material.

■ Grupos generadores a baja tensión:

□ Si se instala un generador para una instalación temporal, en esquema TN, TT o IT, debemos prestar atención a que la toma de tierra sea instalada de conformidad al apartado “Tomas de tierra”, página L/137.
□ En el esquema TN, todas las masas deben estar conectadas al generador por un conductor de sección conforme al apartado “Conductores de protección”, página L/139.
□ El conductor neutro o el punto de estrella del generador debe ser conectado a su masa.

Nota: Esta prescripción no es aplicable a los esquemas IT.

Servicios de seguridad
Están en estudio por la IEC.

5. Prescripciones para el mantenimiento de la calidad

5.1. Ver la Ley 22/1994, de 6 de julio, de responsabilidad civil por los daños causados por productos defectuosos

Es conveniente disponer de esta Ley y poder valorar su alcance.

5.2. Características básicas de la tensión suministrada por redes generales de distribución

La electricidad es una forma de energía particularmente flexible y adaptable. Puede ser convertida en otras formas de energía: calor, luz, energía mecánica..., y también en otras numerosas formas: electromecánica, electrónica, acústica y visual que son base de las técnicas modernas de telecomunicaciones, de informática y de ocio.

La electricidad, tal como es suministrada a los abonados, presenta numerosas características que pueden variar y afectar al uso que de ella realizan los abonados. Estas prescripciones describen las características de la electricidad como tensión alterna. Dada la utilización de la electricidad, es deseable que la tensión suministrada presente alternancias regulares, según una senoide perfecta y una amplitud constante. En la práctica no lo permiten numerosos factores. Contrariamente a los productos normales, la utilización que se hace de ella es uno de los principales factores que determinan la variación de sus características.

El suministro de la energía a los aparatos de los clientes provoca corrientes eléctricas más o menos proporcionales a la demanda de los clientes. Cuando estas corrientes circulan por los conductores de la red, dan origen a caídas de tensión. La amplitud de las tensión suministrada a un cliente en todo momento es función de las caídas de tensión acumuladas en todos los elementos de la red por la cual se alimenta el cliente. Dicha amplitud está determinada a la vez por la demanda individual y por la demanda simultánea de otros clientes. La demanda de cada cliente que es constantemente variable junto con una variación suplementaria en función de la coincidencia entre las demandas de varios abonados, implican que la tensión suministrada variará igualmente. Por esta razón estas prescripciones tratan de las características de tensión en términos de estadística y de probabilidad. En beneficio económico del abonado las prescripciones corresponden a las condiciones normales previstas más bien que a circunstancias no habituales tales como una coincidencia inusual entre las demandas de varios aparatos o abonados.

La electricidad llega al abonado a través de un sistema de producción, de transporte y de distribución. Cada elemento de la red puede ser objeto de daños o de averías provocadas por esfuerzos eléctricos, mecánicos y químicos debidos a factores variados, tales como condiciones climáticas externas, desgaste normal, envejecimiento, las causas externas debidas a las actividades humanas, a los pájaros, a los animales, etc. Estos daños pueden afectar o incluso interrumpir las alimentación de uno o de varios abonados.

Para mantener la frecuencia constante, es necesario disponer de una capacidad de producción adaptada en cada instante a la demanda simultánea de todos los abonados. Siendo la capacidad de producción y la carga susceptibles de variar brutalmente, particularmente en el caso de pérdida de producción y de avería en las redes de transporte o de distribución, existe siempre un riesgo de desequilibrio que provoque un aumento o una disminución de la frecuencia. Sin embargo,

este riesgo disminuye si numerosas redes están agrupadas en una gran red interconectada cuya capacidad de producción sea muy grande con respecto a eventuales variaciones susceptibles de producirse.
Otras numerosas características pueden perturbar o dañar los equipos del abonado o incluso al propio abonado. Algunas de estas características están ligadas a fenómenos transitorios inevitables inherentes a la red misma, causados por defectos, maniobras o fenómenos atmosféricos (rayo). Otras características que son el resultado de diversas utilizaciones de la electricidad que modifican directamente la forma de onda de la tensión, imponen un valor particular de su amplitud o le superponen tensiones de señales de información. Por pura coincidencia, la proliferación reciente de los equipos que producen estos efectos está acompañada de un aumento del número de los equipos sensibles a estas perturbaciones.
Estas prescripciones definen, cuando es posible, los límites probables de variación de las características. En otros casos, las prescripciones dan una estimación cuantitativa, la mejor posible, de lo que puede encontrarse en la práctica.
Debido a la gran diversidad de estructuras de las redes de distribución en diferentes regiones que resultan de las diferencias de densidad de carga, de la dispersión de la población, de la topografía local, etc., numerosos abonados podrán constatar variaciones de las características de la tensión claramente inferiores a los valores indicados en estas prescripciones.
Una de las propiedades de la electricidad es que, con relación a algunas de sus características, su calidad depende más del abonado que del suministrador o del productor. En tales casos, el abonado es entonces un compañero importante del suministrador para esforzarse en mantener la calidad de la electricidad como producto.
Es necesario resaltar que esta cuestión está abordada en normas ya publicadas o en curso de elaboración: las normas de emisión de los equipos de los clientes que definen los niveles de las perturbaciones electromagnéticas que estos equipos están autorizados a emitir. Las normas de inmunidad que definen los niveles de perturbación tolerables por los equipos sin provocar daños excesivos o parada de funcionamiento. Un tercer tipo de normas concernientes a los niveles de compatibilidad electromagnética permite coordinar y amortizar las normas de emisión y de inmunidad, con el objeto de asegurar la compatibilidad electromagnética.
A pesar de que existan vínculos evidentes con los niveles de compatibilidad, es importante señalar que estas prescripciones tratan de las características de la tensión eléctrica. No se trata de unas prescripciones sobre los niveles de compatibilidad. Es importante señalar que las prestaciones de un equipo pueden degradarse si las condiciones de alimentación son más severas que las definidas en la norma de producto correspondiente.
Se trata de que el conjunto de equipos, que cumplen sus normas de producto, conectados a una red, afecten a las condiciones de la energía eléctrica como producto o bien los imperativos que afectan a la propia red. No podemos olvidar que la Ley 22/1994, de 6 de julio, de responsabilidad civil por daños causados por productos defectuosos, considera la electricidad como producto.

Ámbito

Las características técnicas de la energía suministrada por una red general de distribución en el punto de conexión de un abonado en condiciones normales de suministro.

Quedan excluidas las siguientes circunstancias

■ El suministro inmediato a una avería o en condiciones provisionales de alimentación previstas para mantener el suministro a los abonados o durante trabajos de mantenimiento o de ampliación o modificación de red o para limitar la extensión y la duración de una interrupción de suministro.

■ No conformidad de la instalación o equipos del suministrado a las normas aplicables a las prescripciones técnicas de conexión de cargas, que incluyen los límites de emisión de perturbaciones conducidas.
■ No conformidad de los medios de producción a las normas aplicables o a las condiciones técnicas de conexión a la red eléctrica de distribución (autoproductores).
■ Condiciones excepcionales no dominables por el suministrador, tales como:
□ Condiciones climáticas excepcionales y otras catástrofes naturales.
□ Hechos provenientes de terceros.
□ Decisiones gubernativas.
□ Acciones de huelgas (sujetas a obligaciones legales).
□ Fuerza mayor.
□ Interrupciones debidas a causas externas.
Estas condiciones pueden ser reemplazadas en su totalidad o parcialmente por un contrato entre suministrador y suministrado.
Las características de tensión que se especificarán, no están destinadas a ser utilizadas como niveles de compatibilidad electromagnética (CEM) o como limitaciones de emisión por el cliente de perturbaciones conducidas por las redes generales de distribución.
■ Estas prescripciones pretenden definir y describir los valores que caracterizan la tensión de suministro a los abonados, tales como:
□ La frecuencia.
□ La amplitud.
□ La forma de onda.
□ La simetría de las tensiones trifásicas.
En explotación normal, estas características están sujetas a variaciones debidas a modificaciones de carga de la red, perturbaciones emitidas por ciertos equipos, y por la aparición de defectos debidos principalmente a causas externas.
Las características varían de forma aleatoria, y en el tiempo en un punto de suministro dado, y en el espacio en un instante dado. En función de los agentes causantes de estas variaciones, los niveles de las características podrán ser alterados superando, incluso, los niveles de normalidad. Ciertos fenómenos que tienen incidencia sobre la tensión son particularmente imprevisibles, de tal forma que es imposible indicar el valor preciso de sus características.
Conviene pues interpretar en consecuencia los valores dados en estas prescripciones, para estos fenómenos, tales como: huecos de tensión, interruptores de tensión, sobretensiones...

Definiciones

■ Cliente: comprador de electricidad a un suministrador.
■ Distribuidor: suministrador de electricidad a clientes por medio de una red de distribución.
■ Punto de suministro: punto de enlace de la instalación del cliente con la red general.

Nota: Este punto puede ser diferente, por ejemplo, del punto de medida o del punto de conexión común.

■ Tensión de alimentación: valor eficaz de la tensión presente en un instante dado en el punto de suministro y medido en un intervalo de tiempo dado.
■ Tensión nominal de una red (Un): tensión que caracteriza o identifica una red y a la cual se hace referencia para ciertas características de funcionamiento.
■ Tensión de alimentación declarada (Uc): la tensión de alimentación declarada Uc es generalmente la tensión nominal Un de la red. Si, como consecuencia de un acuerdo entre el distribuidor y el cliente, la tensión de alimentación aplicada en sus bornes difiere de la tensión nominal, entonces, aquella tensión corresponde a la tensión de alimentación declarada Uc.

■ Baja tensión (abreviatura BT): tensión utilizada para el suministro eléctrico, cuyo valor eficaz nominal es de 1 kV como máximo.
■ Condiciones normales de explotación: condiciones que permiten responder a la demanda de la carga, a las maniobras de red y a la eliminación de las faltas por los sistemas de protección automática, en la ausencia de condiciones excepcionales debidas a influencias exteriores o a casos de fuerza mayor.
■ Perturbación conducida: fenómeno electromagnético propagado a lo largo de los conductores de las líneas de una red de distribución. En ciertos casos, un fenómeno electromagnético se propaga a través de los arrollamientos de los transformadores y, por tanto, entre redes de diferentes niveles de tensión. Estas perturbaciones pueden degradar las prestaciones de un aparato, de un equipo o de un sistema, o provocar daños.
■ Frecuencia de la tensión de alimentación: tasa de repetición de la componente fundamental de la tensión de alimentación, medida durante un intervalo de tiempo dado.
■ Variación de tensión: aumento o disminución de tensión provocada por la variación de la carga total de la red de distribución o de una parte de esta red.
■ Variación rápida de tensión: una variación del valor eficaz de una tensión entre dos niveles consecutivos mantenidos durante intervalos de tiempo definidos pero no especificados.
■ Fluctuación de tensión: serie de variaciones de tensión o variación cíclica de la envolvente de la tensión.
■ Parpadeo (Flicker): impresión de intensidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso en el cual la luminosidad o la disminución espectral fluctúan en el tiempo.

Nota: Las fluctuaciones de tensión provocan variaciones de luminancia del alumbrado, lo que produce el fenómeno ocular llamado parpadeo. Por encima de un cierto umbral, el parpadeo se vuelve molesto. Esta molestia aumenta rápidamente con la amplitud de la fluctuación. Para ciertas tasas de repetición, amplitudes incluso débiles pueden resultar molestas.

■ Severidad del parpadeo: intensidad de la molestia provocada por el parpadeo definida por el método de medida UIE-IEC del parpadeo y evaluada según las cantidades siguientes:
□ Severidad de corta duración (P_{st}) medida en un período de diez minutos.
□ Severidad de larga duración (P_{lt}) calculada a partir de una secuencia de 12 valores de P_{st} en un intervalo de dos horas, según la fórmula siguiente:

$$THD = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

■ Hueco de la tensión de alimentación: disminución brusca de la tensión de alimentación a un valor situado entre el 90% y el 1% de la tensión declarada Uc, seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. Por convenio, un hueco de tensión dura de 10 ms a 1 minuto. La profundidad de un hueco de tensión es definida como la diferencia entre la tensión eficaz durante un hueco de tensión y la tensión declarada. Las variaciones de tensión que no reducen la tensión de alimentación a un valor inferior al 90% de la tensión declarada no son consideradas como huecos de tensión.
■ Interrupción de alimentación: condición en la que la tensión en los puntos de suministro es inferior al 1% de la tensión declarada Uc. Una interrupción de alimentación puede ser clasificada como:
□ Prevista, cuando los abonados son informados de antemano para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución, o
□ Accidental, cuando está provocada por defectos permanentes o fugitivos, la mayoría de las veces ligadas a sucesos exteriores, a averías o causas externas. Una interrupción accidental puede ser clasificada como:

– Interrupción larga (sobrepasando tres minutos) provocada por un defecto permanente, o
– Interrupción breve (hasta tres minutos) provocada por un defecto fugitivo.

Notas:
■ Las repercusiones de una interrupción prevista pueden ser minimizadas por el cliente si toma las medidas apropiadas.
■ Las interrupciones accidentales son sucesos imprevisibles y esencialmente aleatorios.

■ Sobretensión temporal a frecuencia industrial: sobretensión de una duración relativamente larga en un punto dado.

Nota: Las sobretensiones temporales son habitualmente debidas a maniobras o defectos (por ejemplo: reducción súbita de la carga, defectos monofásicos, no linealidades).

■ Sobretensión transitoria: sobretensión oscilatoria o no oscilatoria de corta duración generalmente fuertemente amortiguada y que dura como máximo algunos milisegundos.

Nota: Las sobretensiones transitorias son generalmente debidas al rayo, a maniobras o al funcionamiento de fusibles. El tiempo de subida del frente de las sobretensiones transitorias puede variar de menos de un microsegundo a algunos milisegundos.

■ Tensión armónica: tensión senoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación. Las tensiones armónicas pueden ser evaluadas:
□ Individualmente, según su amplitud relativa (U_h) con relación a la tensión fundamental U_1, donde h representa el orden del armónico.
□ Globalmente, es decir, según el valor de la tasa de distorsión armónica total THD calculada utilizando la fórmula siguiente:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2}$$

Nota: Las tensiones armónicas de la red de alimentación son principalmente debidas a las cargas no lineales de los clientes, conectadas en todos los niveles de tensión de la red de alimentación. Las corrientes armónicas que circulan a través de las impedancias del circuito dan lugar a tensiones armónicas. Las corrientes armónicas, las impedancias de la red y por consiguiente las tensiones armónicas en los puntos de suministro varían en el tiempo.

■ Tensión interarmónica: tensión senoidal cuya frecuencia se sitúa entre las frecuencias de los armónicos, es decir, cuya frecuencia no es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

Nota: Tensiones interarmónicas que tengan frecuencias muy próximas pueden aparecer al mismo tiempo formando entonces un espectro de banda ancha.

■ Desequilibrio de tensión: en un sistema trifásico, estado en el cual el valor eficaz de las tensiones de fases o los desfases entre fases no son iguales.
■ Señales de información transmitidas por la red: señal superpuesta a la tensión suministrada con objeto de transmitir informaciones por la red general de distribución y a las instalaciones de los clientes. La red general de distribución permite transmitir los tres tipos de señales siguientes:
□ Señales de telemando centralizado; tensión senoidal superpuesta en la gama 110 a 3.000 Hz.
□ Señales de corriente portadora; tensión senoidal superpuesta en la gama 3 a 148,5 kHz.
□ Señales de marcado de onda; impulsos (transitorios) de corta duración superpuestos a la onda de tensión en instantes elegidos.

Normas para consulta

■ EN 50065-1:1991 + A1:1992 - Transmisión de señales por la red eléctrica de BT en la banda de frecuencias de 3 kHz a 148,5 kHz. Reglas generales, bandas de frecuencia y perturbaciones electromagnéticas.
■ EN 60555-1:1987 - Perturbaciones producidas en las redes de alimentación por los aparatos electrodomésticos y los equipos análogos. Parte 1: Definiciones. (IEC 60555-1:1982).
■ EN 60868:1993 - Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 7: Guía general relativa a las medidas de armónicos y de interarmónicos; así como al equipo de medida, aplicable a las redes de distribución y a los aparatos a ellas conectados (IEC 61000-4-7:1991).
■ ENV 61000-2-2:1993 - Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Entorno. Sección 2: Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas a baja frecuencia y la transmisión de señales por las redes de suministro público en baja tensión (IEC 61000-2-2:1990).
■ HD 472 S1:1993 - Tensiones nominales de las redes eléctricas de distribución pública en BT (IEC 38:1993, modificada; título IEC 38: Tensiones nominales de la IEC).
■ IEC 50(161):1990 - Vocabulario Electrónico Internacional. Capítulo 161: Dispositivos eléctricos y magnéticos.
■ UNIPEDE 91 en 50.02 - Huecos de tensión e interrupciones de corta duración en las redes de media tensión.

Características de la alimentación en BT

Frecuencia

La frecuencia nominal de la tensión suministrada debe ser 50 Hz. En condiciones normales de explotación, el valor medio de la frecuencia fundamental medida durante 10 segundos en redes de distribución debe estar comprendido en el intervalo:
■ Para redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado:
□ 50 Hz +/–1% (es decir de 49,5 a 50,5 Hz) durante el 95% de una semana.
□ 50 Hz + 4% /–6% (de 47 a 52 Hz) durante el 100% de una semana.
■ Para redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de alimentación y de distribución que existen en ciertas islas):
□ 50 Hz +/–2% (es decir de 49 a 51 Hz) durante el 95% de una semana.
□ 50 Hz +/–15% (es decir de 42,5 a 57,5 Hz) durante el 100% de una semana.

Amplitud de la tensión suministrada

La tensión nominal normalizada (Un) para las redes generales de BT es:
■ En el caso de un sistema trifásico de cuatro conductores:
Un = 230 V entre fase y neutro.
■ En el cado de un sistema trifásico de tres conductores:
Un = 230 V entre fases.

Notas:
■ Hasta el año 2003, la tensión nominal puede diferir de este valor de 230 V, conforme a la norma HD 472 S1.
■ En las redes de BT, las tensiones declarada y nominal son iguales.

Variaciones de la tensión suministrada

En las condiciones normales de explotación, aparte de las interrupciones, para cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces promediados en 10 minutos deben situarse en el intervalo definido por Un +/–10%.

Nota: Hasta el año 2003, este intervalo de tensión puede diferir de estos valores normalizados conforma a la norma HD 472 S1.

Variaciones rápidas de la tensión

Amplitud de las variaciones rápidas de tensión

Las variaciones rápidas de la tensión suministrada provienen esencialmente de las variaciones de la carga en las instalaciones de los clientes o de maniobras en la red.

En las condiciones normales de explotación, una variación rápida de la tensión no sobrepasa generalmente el 5% de Un pero, en ciertas circunstancias, pueden producirse variaciones que alcanzan hasta el 10% de Un durante cortos instantes, varias veces en el mismo día.

Nota: Una variación de la tensión que dé como resultado una tensión inferior al 90% de Un es considerada como un hueco de tensión (véase el apartado “Huecos de tensión”, página L/254).

Severidad del parpadeo

En las condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, el nivel de severidad de larga duración del parpadeo ligado a las fluctuaciones de la tensión, el P_{lt}, debe ser inferior o igual a 1 durante el 95% del tiempo.

Nota: La relación al parpadeo es subjetiva y puede variar según los casos y según su duración. En ciertos casos, $P_{lt} = 1$ puede dar lugar a molestias, mientras que, en otros casos, niveles más elevados de P_{lt} no las provocan.

Huecos de tensión

Los huecos de tensión son generalmente debidos a defectos que sobrevienen en las instalaciones de los clientes o en la red general. Estos sucesos fundamentalmente aleatorios son previsibles. Su frecuencia anual depende principalmente del tipo de red de distribución y del punto de observación. Además, su distribución en un año puede ser muy irregular.

Valores indicativos

En las condiciones normales de explotación, el número esperado de huecos de tensión en un año puede ir de algunas decenas a un millar. La mayor parte de los huecos de tensión tienen una duración de menos de un segundo y una profundidad inferior al 60%. Sin embargo a veces pueden producirse huecos de tensión de una profundidad y de una duración superior. En ciertos lugares, es frecuente que se produzcan huecos de tensión de profundidad comprendida entre el 10 y el 15% de Un, que están provocados por conmutaciones de carga en las instalaciones de los clientes.

Interrupciones breves de la tensión suministrada

Valores indicativos

En las condiciones normales de explotación, el número anual de interrupciones breves de la tensión suministrada puede variar de algunas decenas a varias centenas. La duración de aproximadamente el 70% de la interrupciones breves es inferior a un segundo.

Nota: En ciertos documentos, la duración de las interrupciones breves están definidas como no sobrepasando un minuto. Pero a veces, se utilizan sistemas de control que tienen tiempos de funcionamiento activo hasta 3 minutos, a fin de evitar interrupciones largas.

Interrupciones largas de la tensión suministrada

Interrupciones accidentales tienen en general por origen causas externas o sucesos que no pueden ser previstos por el distribuidor. No es posible indicar valores típicos para la frecuencia anual y la duración de las interrupciones largas. Esto es debido a diferencias considerables en la arquitectura de la redes en los diferentes países así como a los efectos imprevisibles de la inclemencia del tiempo y de las causas externas.

Valores indicativos
En condiciones normales de explotación, la frecuencia anual de las interrupciones de tensión que sobrepasan tres minutos puede ser inferior a 10 o alcanzar hasta 50, según las regiones.
Los valores indicativos de las interrupciones previstas no se dan por entenderse que son anunciadas de antemano.

Sobretensiones temporales en la red entre fases y tierra

Una sobretensión temporal a la frecuencia de la red aparece generalmente durante un defecto en la red general de distribución o en una instalación de un cliente y desaparece en el momento de la eliminación de ese defecto. Generalmente, la sobretensión puede alcanzar el valor de la tensión entre fases, a causa del desplazamiento del punto neutro de la red trifásica.

Valores indicativos
En ciertas condiciones, un defecto que se produce aguas arriba de un transformador puede temporalmente producir sobretensiones del lado de BT mientras dure la corriente de falta. Tales sobretensiones no sobrepasan generalmente el valor eficaz de 1,5 kV.

Sobretensiones transitorias entre fases y tierra

Las sobretensiones transitorias no sobrepasan generalmente 6 kV (valor de cresta), pero a veces pueden sobrevenir valores más elevados. El tiempo de subida puede variar de menos de algunos microsegundos a varios milisegundos.

Nota: El contenido de energía de una sobretensión varía de forma considerable según su origen. Una sobretensión inducida debida al rayo se caracteriza generalmente por una amplitud más elevada y un contenido en energía inferior al de una sobretensión provocada por maniobras, porque esta últimas duran generalmente mucho más tiempo. Los dispositivos de protección contra las sobretensiones utilizados en la instalación de un cliente deben ser elegidos teniendo en cuenta los niveles de energía más elevados, que son debidos a las sobretensiones de maniobras que siguen a la eliminación de un defecto. Esto cubrirá las sobretensiones debidas tanto al rayo como a las maniobras en la red.

Desequilibrio de la tensión suministrada

En las condiciones normales de explotación, para cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces calculados en 10 minutos de la componente inversa de la tensión de alimentación debe situarse entre el 0 y el 2% de la componente directa. En ciertas regiones equipadas con líneas parcialmente monofásicas o bifásicas, los desequilibrios pueden alcanzar el 3% en los puntos de suministros trifásicos.

Nota: Estas prescripciones no indican más que valores que corresponden a la componente inversa de la tensión, que es determinante para los eventuales daños provocados en los aparatos conectados a la red.

Tensiones armónicas

En las condiciones normales de explotación, durante cada período de una semana, el 95% de los valores eficaces de cada tensión armónica promediados en 10 minutos no deben sobrepasar los valores indicados en la Tabla L5-001 de la página siguiente. Tensiones más elevadas para un armónico dado pueden ser debidas a resonancias.
Además, la tasa de distorsión armónica total de la tensión suministrada (comprendidos todos los armónicos hasta el de orden 40) no debe sobrepasas el 8%.

Nota: El límite al orden 40 es un convenio.

Valores de las tensiones de armónicos en los puntos de suministro, hasta el armónico de orden 25, expresados en porcentaje de la tensión nominal (UN)

Armónicos impares				Armónicos pares	
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3			
Orden h	Tensión relativa	Orden h	Tensión relativa	Orden h	Tensión relativa
5	6,0%	3	5,0%	2	2,0%
7	5,0%	9	1,5%	4	1,0%
11	3,5%	15	0,5%	6...24	0,5%
13	3,0%	21			
17	2,0%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25	1,5%				

Nota: Los valores corresponden a los armónicos de orden superior a 25 que son generalmente débiles y muy imprevisibles debido a los efectos de resonancia, no están indicados en esta tabla.

Tabla L5-001: *valores de las tensiones armónicas en los puntos de conexión permitidos.*

Tensiones interarmónicas

El nivel de los interarmónicos va aumentando debido al desarrollo de los convertidores de frecuencia y otros equipos similares de control-mando. A causa de la poca experiencia en este campo, los niveles de interarmónicos quedan por estudiar.
En ciertos casos, los interarmónicos, incluso de débil nivel, provocan parpadeo de las lámparas (véase el apartado variaciones rápidas de tensión) o interferencias con sistemas de telemando centralizado.

Transmisión de señales de información por la red

En ciertos países, la red general de distribución puede estar utilizada por el distribuidor para transmitir señales. El valor de la tensión de las señales transmitidas, promediado en tres segundos, no deberá en ningún caso sobrepasar los valores indicados por la Fig. L5-002, en un tiempo de duración igual al 99% de un día.

Nota: En instalaciones de los clientes pueden utilizarse señales de corriente portadora a frecuencias comprendidas entre 95 y 148,5 kHz. A pesar de que la utilización de la red general no esté autorizada para la transmisión de señales entre clientes, deben tenerse en cuenta tensiones a esta frecuencia que lleguen hasta 1,4 V en la red general de distribución en BT. Debido a la posibilidad de interferencias mutuas entre instalaciones de transmisión de señales vecinas, puede resultar necesario para el cliente proteger o asegurar una inmunidad apropiada a su instalación de transmisión.

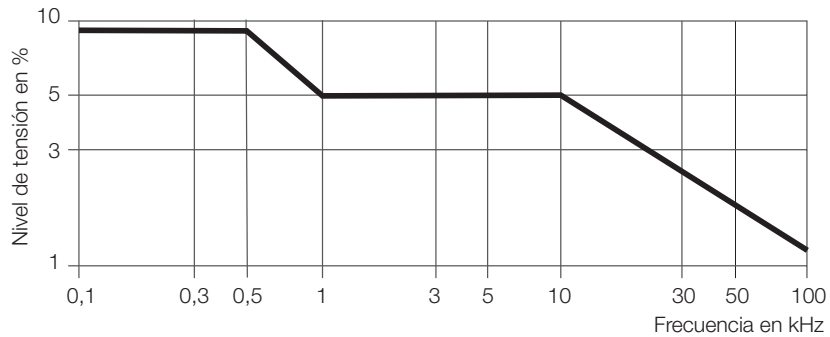


Fig. L5-002: *niveles de tensión de las frecuencias de las señales en porcentaje de U_n utilizadas en la red general de distribución de BT.*

5.3. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica

La ley es de gran volumen y regula las relaciones del distribuidor de energía y el abonado, el campo tecnológico de la electricidad como producto.
Es conveniente disponer de ella para conocer el alcance de la misma.

5.4. La calidad de la energía en las instalaciones eléctricas

En el capítulo K "El control energético de los edificios domésticos e industriales" del 4.° Volumen se exponen los equipos de control de la calidad de la energía, los elementos perturbadores y las formas de compensación de la perturbaciones hasta los límites de las prescripciones del apartado 5.2. "Características básicas de la tensión suministrada por redes generales de distribución", página L/251.

6.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado

ITC-BT-09

6.1.1. Instalaciones eléctricas de alumbrado exterior

Ver apartado 4.1., página L/167 “Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de alumbrado exterior”.

6.1.1.1. Conceptos generales en el alumbrado exterior

Campo de aplicación

Este apartado pretende exponer la forma de realizar las instalaciones de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público de propiedad pública o privada. Con un tratamiento diferenciado según su naturaleza, incluidas en uno de los dos grupos siguientes:

- Grupo A: autopistas, carreteras, calles, plazas, parques, jardines, pasos elevados o subterráneos para vehículos o personas, caminos, etc.
- Grupo B: las instalaciones de alumbrado para cabinas telefónicas, anuncios publicitarios, mobiliario urbano en general, monumentos o similares así como todos los receptores que se conecten a la red de alumbrado exterior.

Se excluyen del ámbito de aplicación la iluminación de fuentes, piscinas, las de los semáforos y las balizas; cuando sean completamente autónomos.

Normativa, reglamentación y legislación

Independientemente de toda la legislación, normalización y reglamentación que abarca a todas las intalaciones eléctricas y al uso de la energía eléctrica, en este apartado relacionaremos las que afectan específicamente al alumbrado exterior.

Normativa

Las instalaciones electricas de alumbrado exterior quedan recogidas en la familia de normas UNE 20460 y especialmente a la UNE 20460-7-7-14 derivada de la IEC 60364-7-7-14. El espíritu de esta normativa lo encontraremos en el apartado 4.1. “Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de alumbrado exterior”, página L/167.

Los materiales estarán regidos por su propia normativa de construcción y aplicación, desde un tornillo hasta una luminaria, pero en este apartado (6.1.1.) solamente relacionaremos las de los productos específicos.

Luminarias

- UNE-EN 60598-1. Reglas generales.
- UNE-EN 60598-2-3. Reglas particulares para las luminarias de alumbrado público.
- UNE-EN 60598-2-5. Reglas particulares para los proyectores.

Otros materiales

- UNE-EN 60898. Interruptores automáticos hasta 125 A.
- UNE-EN 60947-2. Interruptores de caja moldeada.
- UNE-EN 60947-3. Seccionadores.
- UNE-EN 611008. Interruptores a corriente diferencial residual DDR.
- UNE-EN 611009. Interruptores a corriente diferencial residual combinados.
- UNE-EN 50086-2-4. Sistemas de tubos enterrados.
- UNE-EN 50102. Grados de protección IK.
- UNE 20324. Grados de protección IP.
- UNE 21123. Cables eléctricos.

Reglamentación

El REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN de septiembre de 2002. El reglamento del MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA describe una serie de ITC-BT que afectan a las instalaciones eléctricas de baja tensión en su implantación en el terreno, en su dimensionamiento, en sus protecciones y especialmente, la instrucción ITC-BT-09 "Instalaciones de alumbrado exterior", reglamenta las condiciones básicas que deben cumplir las instalaciones de alumbrado exterior.

Legislación

- RD 2642/85.
- RD 401/89.
- OM de 16/5/89.

Generalidades

Materiales correspondientes al grupo A

Punto luz

Entendemos por punto luz todos los materiales necesarios para obtener una unidad de alumbrado.

Luminarias

■ Una luminaria es un conjunto óptico, mecánico y eléctrico, equipado para recibir una o varias lámparas. Comprende una parte de órganos ópticos (espejos, lentes...) y de otra parte la aparamenta eléctrica auxiliar (lámparas, balastos, cebadores, condensadores...). Estos elementos pueden ser situados en el mismo compartimiento o en varios, con diferentes grados de protección.

La importancia lumínica de la luminaria no es objeto de este manual, pero sí que deberemos distinguir: que las luminarias, reflectores o proyectores para alumbrado público pueden ser de Clase I o Clase II, y deberemos utilizar unas u otras en función del tipo de instalación que deseamos realizar.

■ El término farol es a veces utilizado para designar las luminarias provistas de una envolvente decorativa, destinada a dar un estilo estético apropiado a su entorno.

■ Las luminarias suspendidas deberán permitir la penetración de los conductores sin que las vibraciones u oscilaciones a las que puedan estar sometidas, les perjudique y mantenga un grado de protección IPx3 según la Tabla F8-004, correspondiente al apartado 8.3. "Grado de protección de las envolventes de BT", página F/341 del 1.er Volumen.

■ Para las luminarias instaladas en ambientes poco polucionados, no polvorientos ni corrosivos, tales como los que se encuentran en zonas rurales y residenciales y no albergan industria alguna, el grado de protección mínimo será el IP23 asegurando respectivamente la protección:

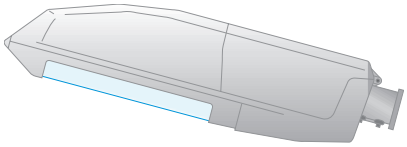
□ Contra la penetración de cuerpos sólidos de diámetro superior a 12 mm.

□ Contra las proyecciones de agua bajo un ángulo como mínimo de 60º de la vertical (protección contra la lluvia).

■ Consecuentemente grados de protección más elevados son necesarios:

□ En las zonas urbanas y en las zonas industriales en las que no se produzcan humos o vapores corrosivos, las luminarias deben presentar un grado de protección de como mínimo IP44.

□ En los ambientes fuertemente polucionados o corrosivos que se encuentran en ciertas zonas industriales y cerca del mar, la parte óptica de las luminarias debe presentar un grado de protección IP54, o el grado de protección IP5x asegurando la protección contra la penetración del polvo.



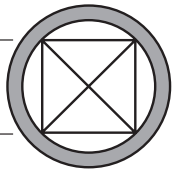
Luminaria

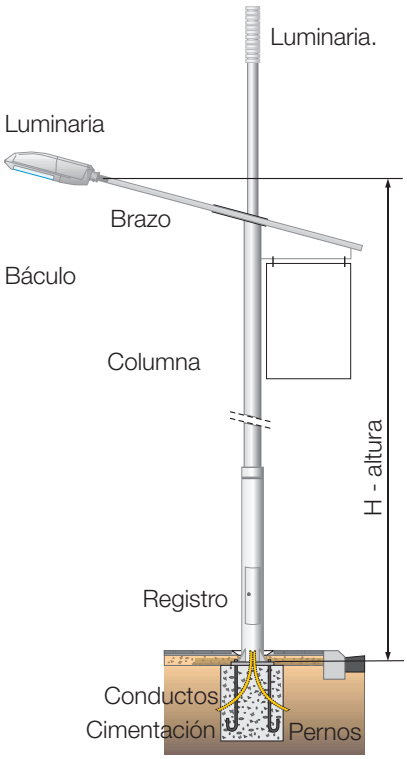


Farol

Aparamenta

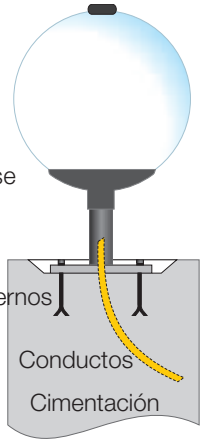
Sección para la ubicación de la aparamenta



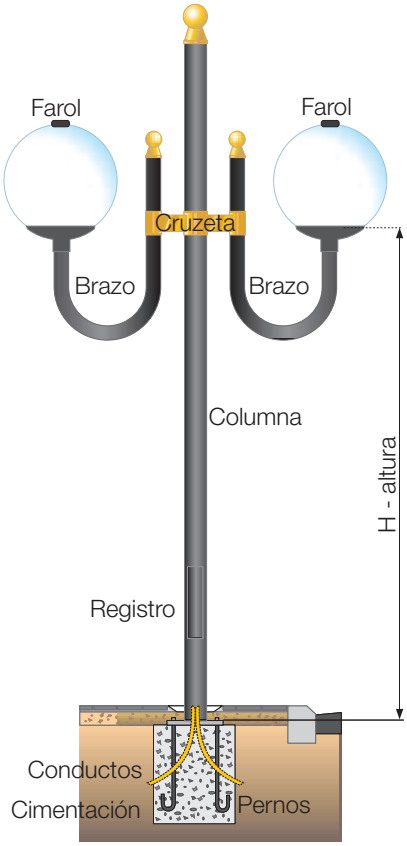




Farol sobre base de hormigón



Columna con dos faroles



L
6.1

■ Las luminarias instaladas en los túneles o integradas en parapetos deben poseer al menos grados de protección IP55:
□ El grado IP5x asegurando la protección contra la penetración del polvo.
□ El grado IPx5 asegurando la protección contra el chorro de agua.
■ En lo referente a la protección contra los choques mecánicos la configuración normal de las luminarias, en función de su situación, es suficiente. En la práctica deben presentar, por construcción o por instalación, el grado de protección IK07 si están situadas al menos a 1,5 m del suelo; representa una protección contra impactos de como mínimo de una energía de 2 julios.

Aparamenta complementaria
■ La aparamenta (fusibles, interruptores automáticos, contactores, dispositivos a corriente diferencial residual, dispositivos de encendido...) debe presentar, por construcción o por instalación, los grados de protección correspondientes al entorno.
■ La protección correspondiente puede ser asegurada:
□ Bien sea por la farola en que están albergados.
□ Bien sea por la utilización de un armario o cofre adecuado.
■ La protección IP3x asegura la protección contra la penetración de cuerpos sólidos de diámetro igual a 2,5 mm (herramientas, hilos...).
■ El grado IPx4 asegura la protección contra las proyecciones de agua en todas las direcciones.
■ El grado de protección IP5x asegura la protección contra el polvo.
■ El grado de protección IK08 asegura la protección contra los choques mecánicos de una energía de 5 julios.
■ Si el material no posee por construcción los grados de protección definidos, pueden ser provistos, en su instalación, de una envolvente que posea el grado de protección definido. La envolvente no debe perjudicar las características de funcionamiento de los materiales.
■ La aparamenta situada al exterior deberá disponer de una protección IP54 según la Tabla F8-003 y una protección IK8 según la Tabla F8-003 correspondiente al apartado 8.3. “Grado de protección de las envolventes de BT”, página F/341 del 1.er Volumen, y una protección IK8. Deberá estar situada a una altura mínima del suelo de 2,5 m.
■ Un estárter es un dispositivo de arranque, destinado generalmente a lámparas de descarga, para asegurar el precalentamiento requerido a los electrodos, y en combinación con la impedancia del balasto provoca una sobretensión momentánea en los electrodos de la lámpara.
■ Un cebador es un aparato, bien sea solo, bien acompañado de otros elementos del circuito, que engendra impulsos de tensión destinados a cebar las lámparas de descarga, sin asegurar el precalentamiento de los electrodos.
■ Un balasto es un dispositivo conectado entre la alimentación y una o varias lámparas de descarga, destinado principalmente a limitar la corriente de la o las lámparas al valor requerido.
Un balasto puede también ubicar un transformador de la tensión de alimentación, elementos de corrección del factor de potencia y solo o en combinación con dispositivos de cebado, asegurar las condiciones necesarias para el cebado de las lámparas.
■ Compensación del factor de potencia. Cada punto luz deberá estar compensado a un factor de potencia igual o superior a 0,9 según la ITC-BT-09.

Soportes
Las luminarias son fijadas a soportes, bien sean brazos, columnas, báculos, faroles o catenarias.
En el caso que sean de acero deberán cumplir los requisitos del RD 2642/85, RD 401/89 y la OM de 16/5/89.

Serán resistentes a los agentes atmosféricos, en función de los mismos, y no deberán permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación de la posible condensación.

Los soportes, anclajes y cimentaciones se calcularán para soportar la acción del viento, con la luminaria incluida, con un coeficiente de seguridad no inferior de 2,5:

■ Las catenarias para la suspensión de lámparas deberán ser de cables de acero con protección a la corrosión y tanto los soportes de anclaje de la catenaria con ella misma deberán calcularse contra la acción del viento, ubicando todo el equipo, con un coeficiente de seguridad no inferior de 3,5.

La altura mínima del rasero inferior de la luminaria y el del suelo debe ser de 6 m.

■ El brazo es un soporte de luminaria aplicable sobre un muro vertical.

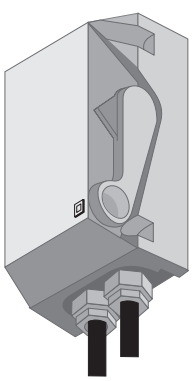
■ El báculo es un soporte destinado a albergar una o varias luminarias y formado por una o varias partes: una columna para elevar y en caso de ser necesario un avance, un brazo.

■ La columna es la parte principal o única de un báculo, puede llevar uno o varios brazos, con una o varias luminarias.

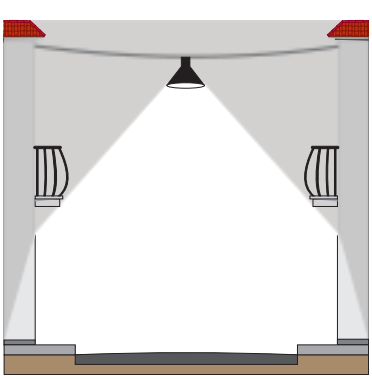
■ El brazo de un báculo es el elemento constitutivo destinado a transportar la luminaria a una distancia del eje de la columna.

Un báculo pueden llevar uno o varios brazos que pueden formar con la columna conjuntos desmontables o no.

■ La placa de fijación es una placa provista de un agujero para los cables, solidaria en el fondo de la columna del báculo, para permitir la fijación en una base de hormigón u otro tipo de obra.



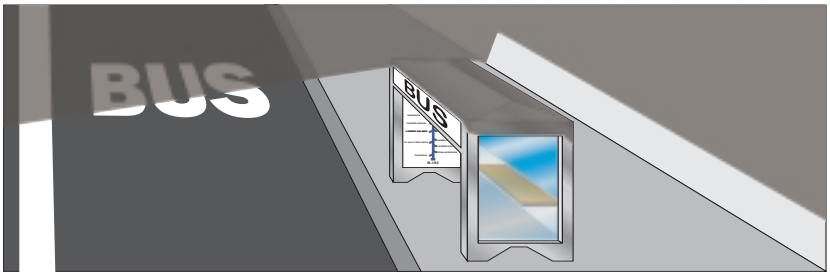




■ El registro es una abertura en la columna, cerrada por una puerta que permite el acceso al equipamiento eléctrico.
Deberá disponer de una protección IP44 según la Tabla F8-003 y una protección IK10 según la Tabla F8-003 correspondiente al apartado 8.3. “Grado de protección de las envolventes de BT”, página F/341 del 1.er Volumen.
El registro deberá situarse en su cota inferior, a una distancia mínima del suelo de 0,3 m, y disponer de un sistema de apertura de llave o con la necesidad de utilizar una herramienta.
■ Los pernos de fijación son las varillas que introducidas en la fundación permiten sujetar la placa de apoyo.
■ El término poste o columna sirve para definir un farol derecho sin brazo, destinado a albergar proyectores fijados con crucetas.

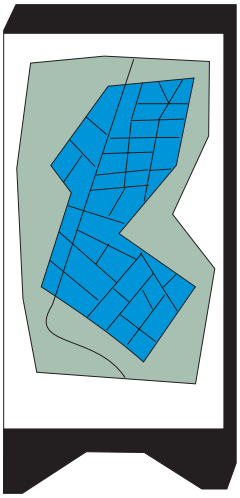
Materiales correspondientes al grupo B

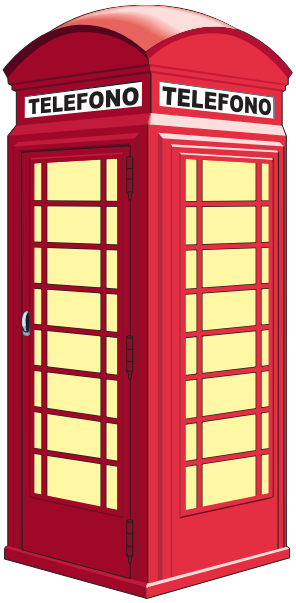
Las cargas que no forman parte de la iluminación del exterior, pero están conectadas a la red de alumbrado exterior tales como: cabinas telefónicas, marquesinas para paradas de servicios públicos de transporte, mapas orientativos, callejeros, mobiliario urbano..., deberán disponer de una alimentación, desde la red de alumbrado, para satisfacer sus necesidades en potencia y horario y deberá disponer de sus protecciones específicas propias:
■ Alimentación de una marquesina de parada de autobús.



■ Alimentación de una cabina telefónica.

■ Alimentación de un mapa de calles.





Alimentaciones

En el presente manual práctico no es necesario describir las formas de distribución que están definidas en el reglamento de BT, pero sí que plantearemos las posibles alternativas y sus soluciones específicas.
Ver capítulo J, apartado 20. “Aparamenta para circuitos de alumbrado”, página J/927 del 3.er Volumen.

Aspectos comunes a todas las posibles alternativas

■ La determinación de la aparamenta para circuitos de alumbrado tiene particularidades definidas en el apartado 20.7. “Consideraciones para la aparamenta en función de la naturaleza de las fuentes luminosas”, página J/933 del 3.er Volumen.
■ El poder de corte de la aparamenta debe elegirse en función de la corriente de cortocircuito emitida por el centro de transformación, ver apartado 3.5. “Elección de los interruptores automáticos”, página H2/207 del 2.° Volumen.

Potencias de cortocircuito en BT, con un transformador

Características de los transformadores de MT/BT													
Potencia (en kVA)													
100	160	250	315	400	500	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150
Intensidad del primario (A) a U_1 = 20 kV													
2,9	4,6	7,2	9,1	11,5	14,4	16,2	23,1	28,9	36,1	46,2	57,7	72,2	90,9
Intensidad del secundario (A) a U_2 = 400 V													
141	225	352	444	563	704	887	1.127	1.408	1.760	2.253	2.816	3.520	4.435
Intensidad de cortocircuito (kA)													
3,5	5,5	8,7	10,5	13,8	17,2	21,5	24,2	27,1	30,6	35,8	40,8	46,9	58,1

Tabla L6.1-001: *características de los transformadores de potencia.*

Potencias de cortocircuito en BT, con transformadores en paralelo

Número y potencia de los transformadores 20 kV/400 V S en kVA	**Interruptor automático general**		**Interruptor automático principal**	
	PdC mínimo en kA	**Referencias con selectividad total con los interruptores automáticos, general**	**PdC mínimo en kA**	**Referencias con selectividad total con los interruptores automáticos, principal In = 250 A**
2 · 400	14	M08 N1/C 800 N ST	27	C 250 N
3 · 400	27	M08 N1/C 800 N ST	40	C 250 H
2 · 630	22	M10 N1/CM1250/C 1000 N ST	42	C 250 H
3 · 630	43	M10 H1/CM1250/C 1000 N ST	64	C 250 L
2 · 800	24	M12 N1/CM1250/C 1250 N ST	48	C 250 H
3 · 800	48	M12 H1/CM1250/C 1250 N ST	71	C 250 L
2 · 1.000	27	M16 N1/CM 1600	54	C 250 L
3 . 1.000	54	M16 H2/CM 1600	80	C 250 L
2 · 1.250	31	M20 N1/CM 2000	60	C 250 L
3 · 1.250	62	M20 H1/CM 2000	91	C 250 L
2 · 1.600	36	M25 N1/CM 2500	70	C 250 L
3 · 1.600	72	M20 H2/CM 2500H	105	C 250 L
2 · 2.000	39	M32 N1/CM 3200	75	C 250 L
3 · 2.000	77	M32 H2/CM 3200H	112	C 250 L

Tabla L6.1-002: *corrientes de cortocircuito de los transformadores de potencia en paralelo.*

Aparamenta

■ (1) Seccionador. Es un aparato de mando manual con dos posiciones fijas (abierto-cerrado), que asegura la función de seccionamiento.

Sus características son definidas por las normas IEC 60947-3, UNE-EN 60947-3. No posee poder de corte ni de cierre, pero es capaz de soportar las corrientes de cortocircuito de corta duración y satisface ensayos de endurancia mecánica. Ver apartado 7.2. “Aparamenta para el seccionamiento y mando”, página H2/310 del 2.º Volumen.

■ (2) Fusibles. Son esencialmente aparatos de protección, donde la función es de abrir todo o parte de un circuito, por fusión de uno o varios fusibles, cuando la corriente sobrepasa un valor predeterminado durante un tiempo preestablecido. Ver apartado “Los fusibles”, página H2/78 del 2.º Volumen.

■ (3) Contador. Aparato de medida para determinar la potencia consumida.

■ (4) Interruptor de control de potencia ICPM, interruptor magnetotérmico para controlar el máximo de la potencia contratada. Debe disponer de un poder de corte apropiado a la corriente de cortocircuito del punto a instalar, ver Tabla D4-088: tabla de las características de los equipos de medida para interiores M/–, T/–, página D/94 del 1.er Volumen e “Interruptor de control de potencia C60N ICP-M”, página H2/86 del 2.º Volumen.

■ (5) Un interruptor a corriente diferencial-residual del tipo ID selectivo S Clase AC. El interruptor diferencial general debe ser selectivo con respecto a los diferenciales situados aguas abajo y poder soportar las corrientes permanentes de los puntos luz situados aguas abajo. Ver apartados “Corrientes de fuga permanentes”, página G/214, 4.4. “Coordinación de las protecciones diferenciales”, página G/97, y 4.3. “Descripción de una gama de interruptores diferenciales”, página G/84 del 2.º Volumen.

■ (6) Interruptores automáticos generales y para las derivaciones, en función de la capacidad de cortocircuito y la intensidad nominal, pueden ser:

□ Un interruptor automático de conformidad a la UNE-EN 60898. Estos interruptores pueden incorporar protecciones contra las corrientes de fuga, ver apartado 4.3.3. “Interruptor automático diferencial DPN Vigi”, página G/90 del 2.º Volumen.

□ Un interruptor automático de conformidad a la UNE-EN 60947-2 y la UNE-EN 60947-2 para potencias superiores, estos interruptores automáticos pueden incorporar protecciones contra las corrientes de fuga, ver apartado “Interruptores automáticos equipados de un bloque Vigi adicional”, página G/94 del 2.º Volumen.

■ (7) Interruptor diferencial ID “si” Clase A superinmunizados con capacidad para mantener una calidad de servicio en circuitos con fuertes perturbaciones. Alta o media sensibilidad en función de las fugas permanentes. Ver apartado b) “DPN Vigi “si” Clase A superinmunizados”, página G/90 del 2.º Volumen.

■ (8) Contacto auxiliar de señalización en condición de cerrado cuando el interruptor automático está abierto.

■ (9) Contactores comandados por equipos de control de la energía para obtener el mínimo consumo necesario para la función, recomendado por la instrucción ITC-BT-09 del reglamento de BT. Ver apartado 5.8. “Contactores”, página J/180 del 3.er Volumen.

■ (10) Compensador activo para la reducción de los armónicos a niveles inferiores a los tolerados por la norma UNE- EN 60140, producidos por las lámparas de descarga THDI = 37%. De conformidad al Real Decreto 1955/2000 del 1 de diciembre. Ver apartados 4.4.6. “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, página K/304 y 4.4.9. “El compensador activo Sine Wave^{THM}”, página K/312 del 4.º Volumen.

■ (11) Descargador de sobretensiones en la red de BT de la gama PF--, ver apartado 4.1. “La gama de descargadores de sobretensiones del Grupo Schneider”, página H2/251 del 2.º Volumen.

■ (12) Descargador de sobretensiones tipo Cadwer para circuitos de media y alta tensión.

■ (13) Núcleo toroidal para la transmisión de señales al equipo compensador de armónicos. Ver Tabla G4-045: características de los toroidales diferenciales, página G/138 del 2.º Volumen.

■ (14) Transformadores de intensidad para contaje en MT.
■ (15) Transformadores de tensión para el contaje en MT.
■ (16) Piloto de señalización. Ver apartado 4.1. “Pulsatería”, página J/123 del 3.er Volumen.
■ (17) Punto luz.
■ (18) Equipo de control del alumbrado.
■ (19) Cargas adicionales correspondientes al grupo B.
■ (20) Seccionador de MT.
■ (21) Interruptor automático de MT.

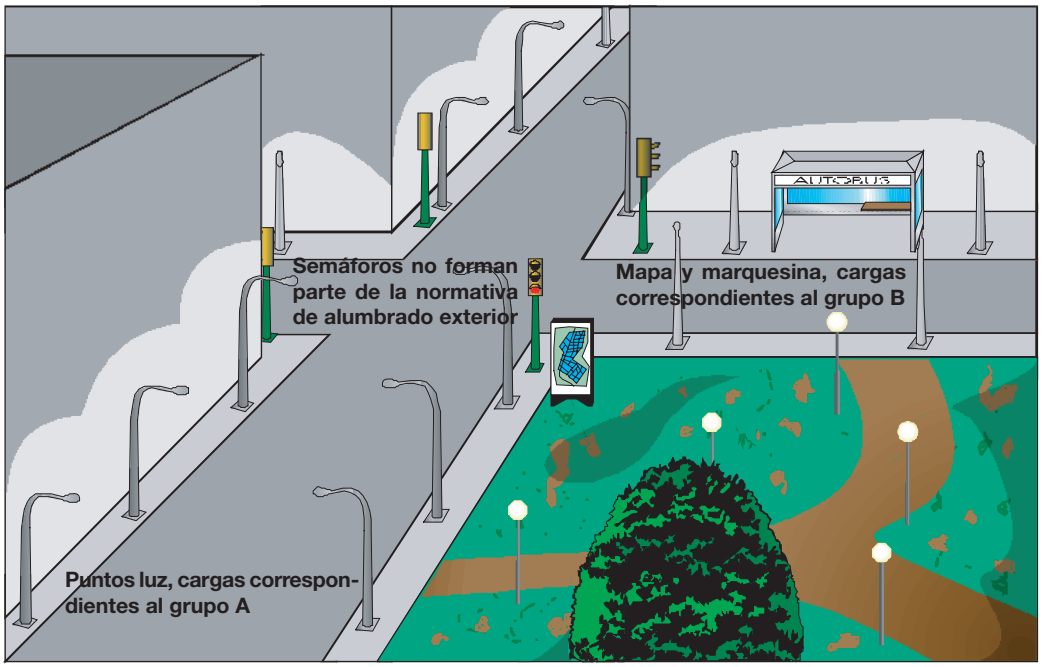


Fig. L6.1-003: *representación de los grupos de las cargas.*

Instalaciones de pequeñas y medianas potencias

A. Instalación de alumbrado exterior con conexión directa a una red de distribución pública de BT

■ La instalación de alumbrado público comprende en su origen la acometida y la aparamenta general de mando y de protección.
■ El régimen de neutro es según el esquema TT, y las medidas de protección contra los contactos indirectos se pueden elegir entre las soluciones del apartado “Elección de las medidas de protección contra los contactos indirectos”, página L/287.
■ La acometida puede ser conectada en cualquier punto de la red de distribución pública (Fig. L6-004) o en los bornes del centro de transformación (Fig. L6.1-005). En este caso el interruptor automático (6) debe disponer de un poder de corte apropiado a la potencia del transformador del centro de transformación.
■ El poder de corte del interruptor automático (10) debe ser como mínimo igual al valor correspondiente de las Tablas L6.1-001 y L6.1-002, página L/267, adecuada a los transformadores de uso habitual en las redes eléctricas de distribución.
■ El origen (O) de la instalación de alumbrado se inicia en los bornes de salida del interruptor general de mando ICPM.

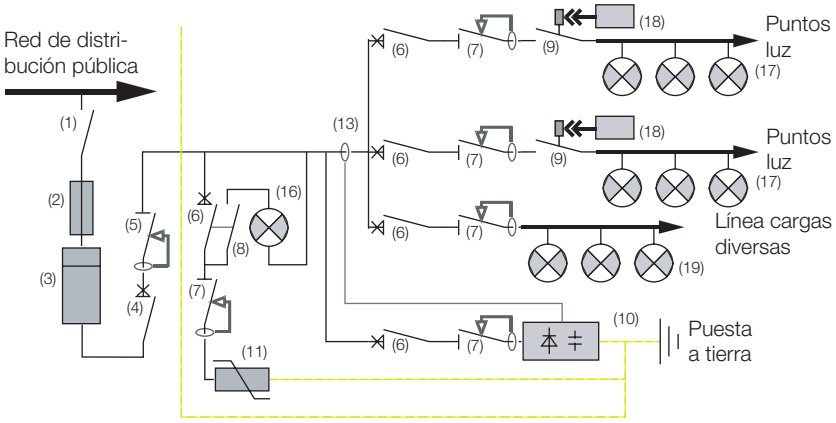


Fig. L6.1-004: *esquema de alimentación desde un punto de la red de distribución pública.*

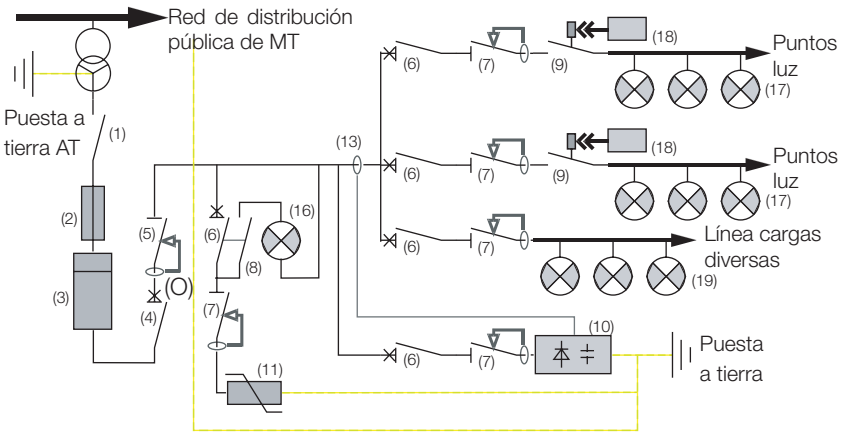
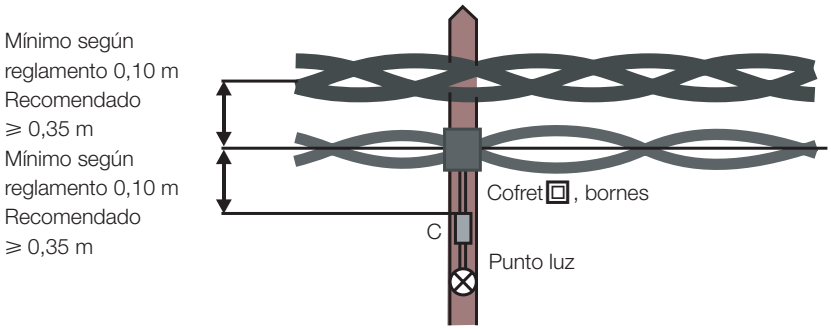


Fig. L6.1-005: *esquema de alimentación desde el centro de transformación (CT) de la red de distribución pública.*

B. Instalación de alumbrado público sobre soportes comunes y eléctricamente separado

■ Las condiciones de alimentación son idénticas a las de la forma A.
■ La red de distribución pública aérea se realiza:
□ Bien sea con conductores desnudos.
□ Bien sea con conductores aislados unidos en un manojo denominado trenza.
■ En las instalaciones nuevas, los conductores de alumbrado público disponen de una línea propia, independiente de la de distribución pública, con conductores aislados y trenzados.
■ El régimen de neutro de la instalación es el mismo que el de la red de distribución pública.
■ Las condiciones de protección son las mismas de la forma de distribución A.
■ Las disposiciones precedentes permiten alimentar la instalación de alumbrado público por un centro de transformación diferente al de suministro de la red pública.
■ Las luminarias son emplazadas:
□ Bien sea sobre los postes.
□ Bien sea sobre las fachadas.
■ Ejemplo de instalación de alumbrado público sobre soportes comunes con la red de distribución pública pero con líneas diferentes.



C = cofre de Clase II ubicando los dispositivos de protección y un dispositivo de seccionamiento.

Fig. L6.1-006: *red de alumbrado sobre postes de la red de distribución pública en BT.*

Los conductores del alumbrado se sitúan por debajo de los de distribución de la red pública. Para la alimentación y acometida ver las Figs. L6.1-004 y L6.1-005.

C. Instalación de alumbrado exterior alimentado a través de un transformador BT/BT

Ver capítulo F, apartado 4, página F/71 “Los regímenes de neutro” del Volumen 1. Ver capítulo H1, apartado 3.2.4., pág. H1/108 “Los conductores de protección PE” y apartado 3.2.5., página H1/114 “El conductor neutro”, del Volumen 2.

■ Esta forma de alimentación permite cambiar el régimen de neutro a fin de alimentar la instalación de alumbrado en un esquema TN, partiendo de una red de distribución en esquema TT.
■ La instalación es alimentada a partir de la red pública de distribución a baja tensión partiendo de una acometida a BT, exactamente igual que en el caso A.
■ Un transformador BT/BT de arrollamientos separados se instala aguas abajo del interruptor general de mando ICPM.

Con un transformador de potencia de aislamiento se puede definir el tipo de régimen de neutro deseado en el secundario. Para el alumbrado público la distribución con un régimen TN representa: que las protecciones en caso de fuga de una fase al conductor de protección PEN (masa), al ser el conductor de protección el neutro, la fuga es un cortocircuito. Los elementos de protección contra los contactos indirectos son los interruptores automáticos. El cálculo de los mismos se definirá en el apartado de las protecciones, pero se tendrán siempre en cuenta dos observaciones:
■ 1.ª Que existen, en función de la naturaleza de las fuentes de alumbrado unas fugas permanentes que circularán por el conductor neutro.
■ 2.ª Que desde cualquier punto de la instalación existen dos impedancias que afectan la seguridad de las personas:
□ La impedancia del conductor defase, desde el punto considerado hasta el borne del transformador de aislamiento.
□ La impedancia del conductor de protección, desde la puesta a tierra del neutro del transformador de aislamiento y el punto en cuestión.
También se debe tener en consideración la resistencia de la posible persona en situación de contacto indirecto, teniendo en cuenta

que puede ser un día lluvioso y que la resistencia de la persona es del tipo BB2 (tensión de contacto máxima 24 V, según ITC-BT-09).

■ El interruptor general de mando y de protección es elegido en función de la potencia nominal del transformador y con poder de corte suficiente (ver apartado "Aspectos comunes a todas las posibles alternativas", página L/267).
■ Alimentación por un transformador BT/BT aguas abajo de la acometida de BT.

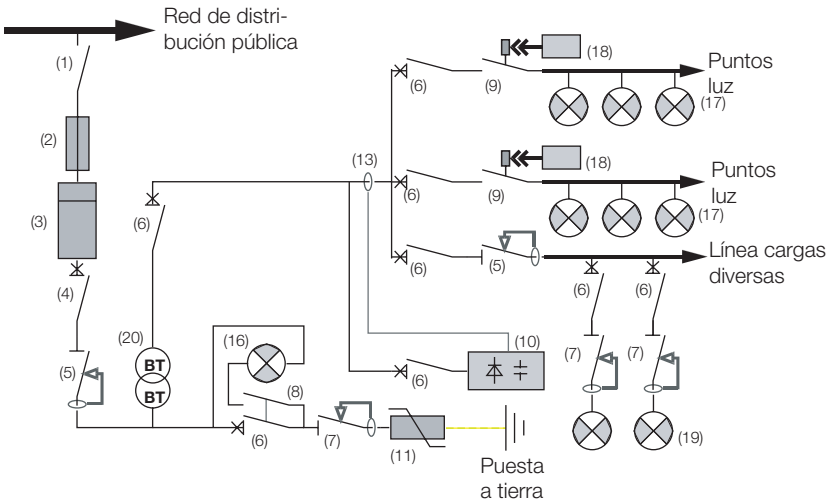


Fig. L6.1-007: *alimentación en BT y distribución a través de un transformador BT/BT con régimen TN en el secundario, para alumbrado exterior.*

L
6.1

Instalaciones de grandes potencias distribuidas en grandes distancias

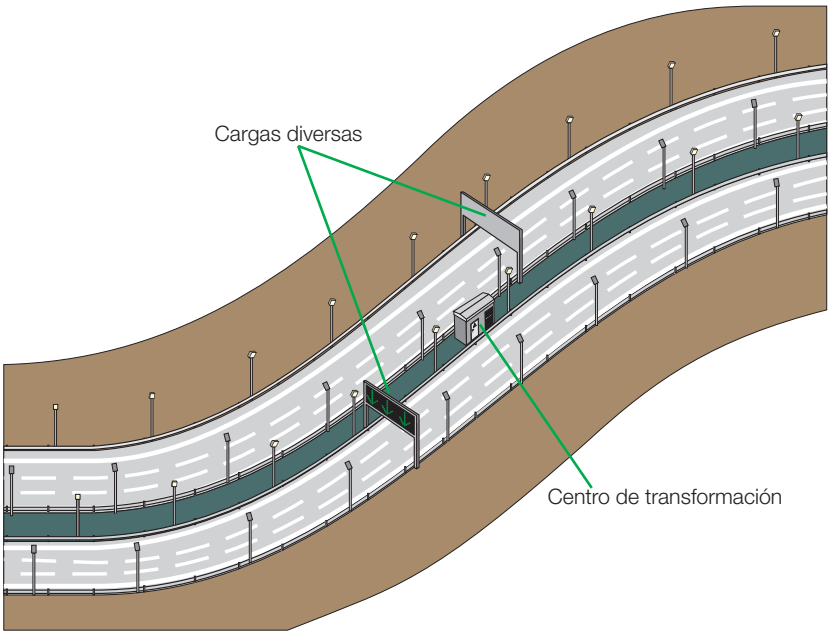


Fig. L6.1-008: *alumbrado de grandes superficies a través de grandes longitudes y considerable potencia lumínica.*

D. Instalación de alumbrado exterior alimentado en baja y distribuido en media tensión MT

■ La instalación comprende una acometida en baja tensión como en el caso A y un transformador de BT/MT se sitúa generalmente aguas abajo del interruptor general de control de potencia ICPM.

■ Este transformador alimenta una instalación particular a 3.000 o 6.000 V que alimenta a transformadores de MT/BT, de salida en BT a 230/400 V para alimentar las luminarias.

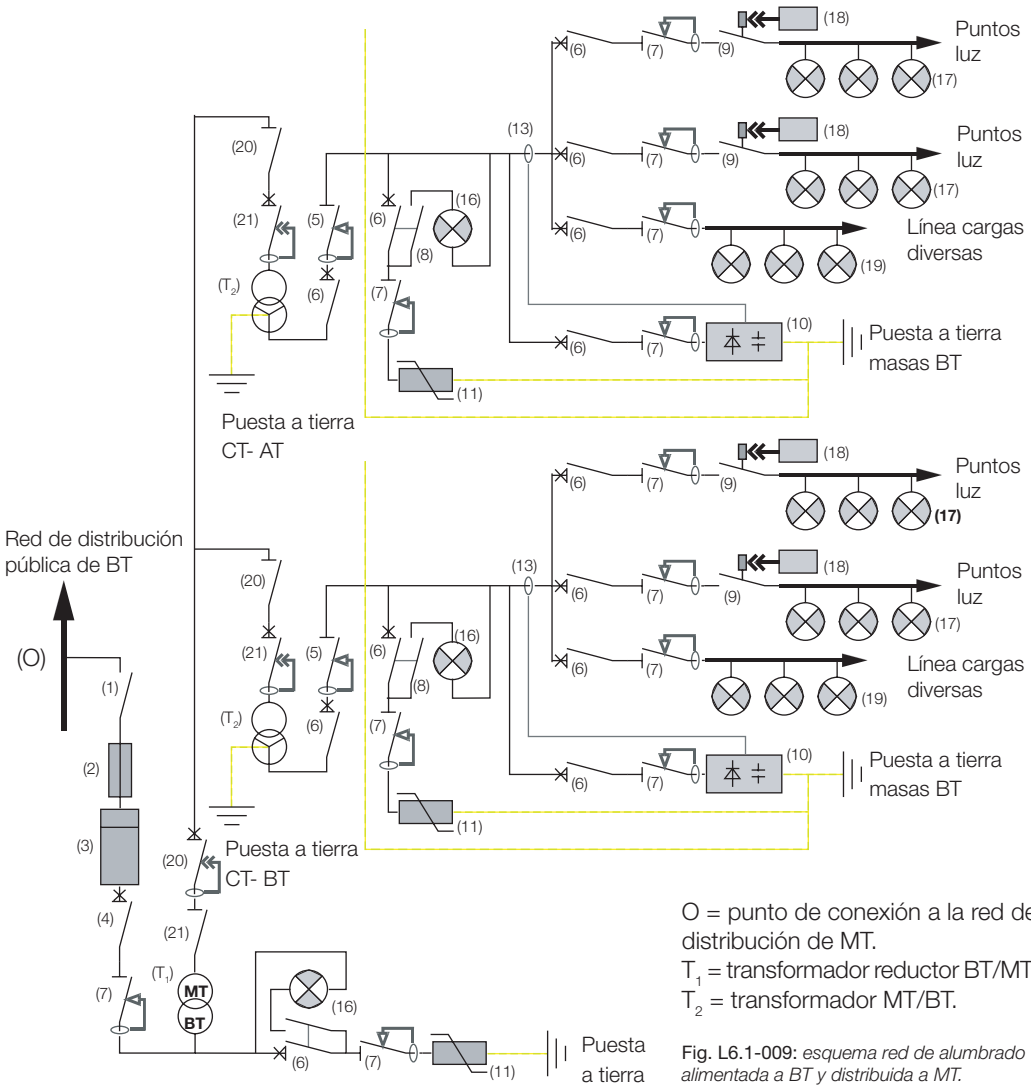
■ La potencia del transformador elevador de BT/MT debe ser por lo menos igual a la suma de la potencia de los transformadores reductores de MT/BT.

■ Cada transformador MT/BT alimenta una instalación de alumbrado público a BT, a la que se aplican las soluciones de este manual, protegidos en su origen por un interruptor automático general de carril DIN o caja moldeada.

■ Los esquemas de puesta a tierra son generalmente el esquema TT o TN.

■ Las condiciones de realización de la acometida son las correspondientes a la forma A, especialmente a las características del interruptor general ICPM:

□ Alimentación por medio de un transformador elevador particular BT/MT, alimentado por una red de distribución pública de BT.



O = punto de conexión a la red de distribución de MT.
T_1 = transformador reductor BT/MT.
T_2 = transformador MT/BT.

Fig. L6.1-009: *esquema red de alumbrado alimentada a BT y distribuida a MT.*

E. Instalación de alumbrado exterior alimentado y distribuido en media tensión MT

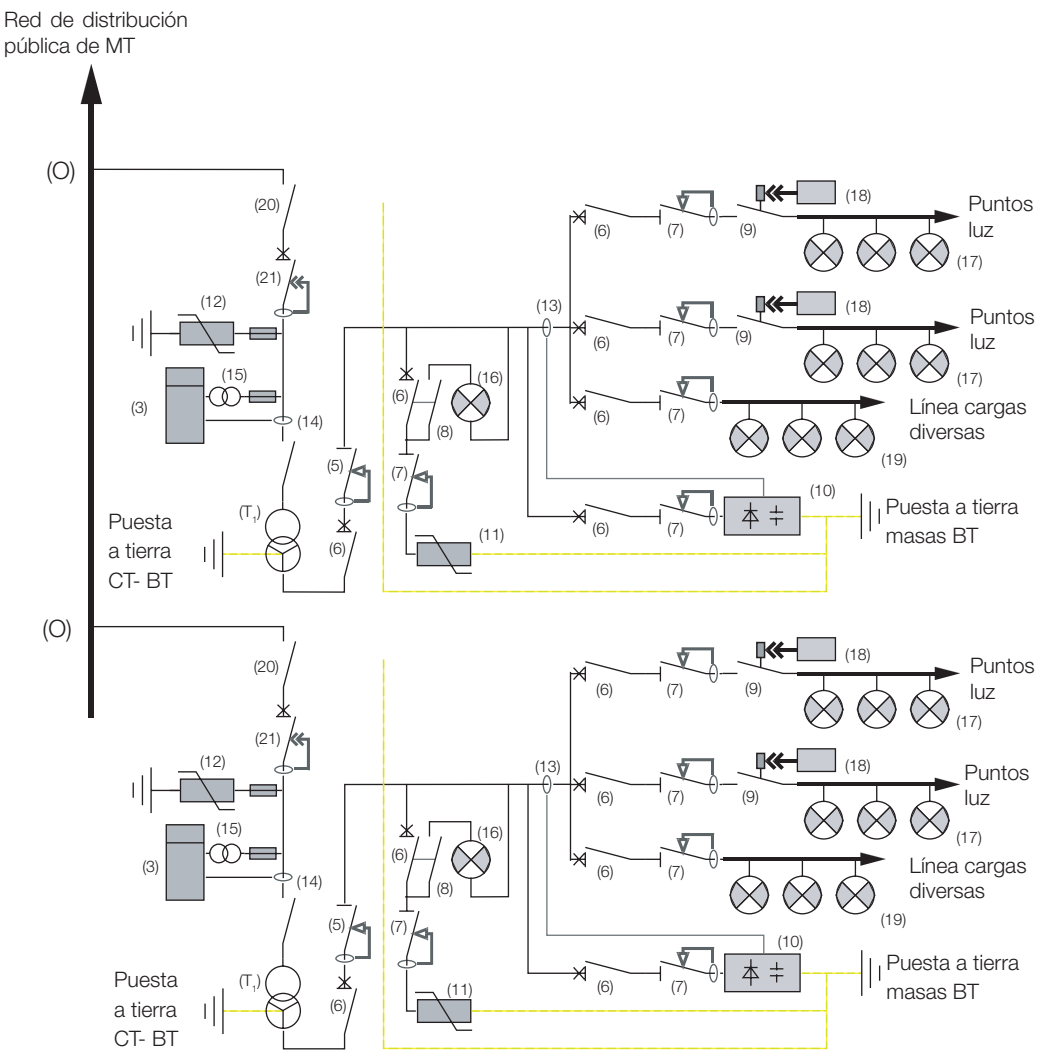
■ La instalación comporta un centro de transformación de media tensión alimentado generalmente a 20 o 25 kV.

■ Este centro de transformación reduce la tensión de 20 o 25 kV a 230/400 V, que alimentan las líneas que soportan las luminarias.

■ Cada transformador de MT/BT alimenta una instalación de alumbrado público, a la que se le aplican una de las formas de alimentación de este manual, protegidas en su origen por un interruptor general de mando y protección, generalmente un interruptor automático.

■ El esquema de unión a tierra es generalmente TT aunque puede ser un TN:

□ Alimentación para una instalación MT/BT desde un centro de transformación propio de reducción de MT/BT.



O = punto de conexión a la red de distribución de MT.

T_1 = transformador reductor MT/BT.

Fig. L6.1-010: *esquema red de alumbrado con alimentación y distribuido a MT.*

Instalaciones de grandes potencias muy concentradas



Fig. L6.1-011: *alumbrado de grandes superficies con concentración de fuentes lumínicas.*

F. Alimentado desde un centro de transformación particular de MT

■ La instalación de alumbrado exterior es alimentado a partir de redes de MT, generalmente 20 o 25 kV a través de uno o varios centros de transformación que albergan un transformador MT/BT.

■ Esta forma de alimentación es utilizada cuando la potencia necesaria es muy elevada y las condiciones de alimentación lo justifican.

■ El poste de transformación deberá satisfacer las características particulares de la Cía. suministradora del fluido.

■ El esquema de unión a la tierra, en baja tensión, puede ser un esquema TT o TN:

□ Instalación de alumbrado exterior a baja tensión alimentado por un centro de transformación particular MT/BT.

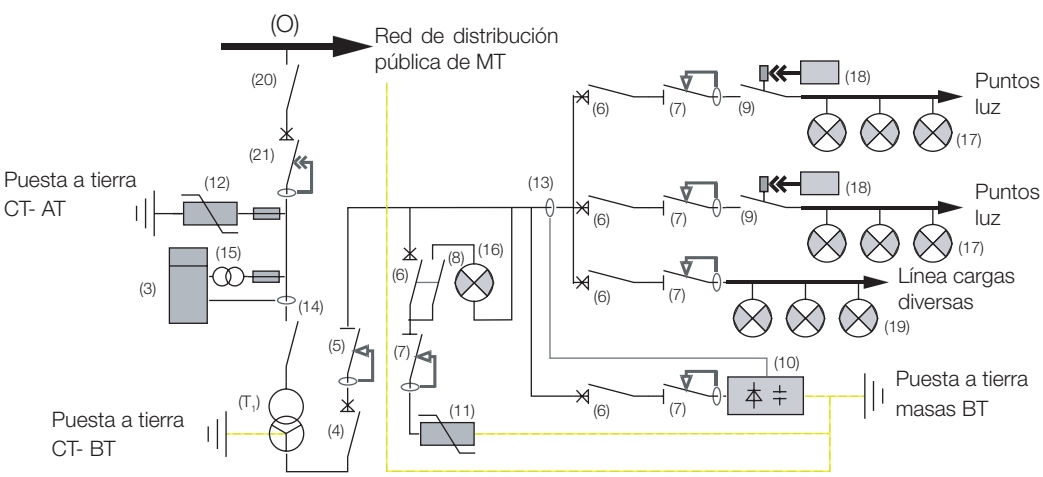


Fig. L6.1-012: *alimentación a MT con centro de transformación propio.*

Resumen de alternativas de alimentación y distribución del alumbrado exterior

Fuentes	Origen de la acometida	Ref.	Forma de distribución	Régimen de neutro	Fig. n.º L6-___
Red de distribución pública de BT.	Un punto de la red. El centro de transformación público de MT/BT.	A	Instalación de alumbrado exterior, alimentado en BT y distribuido en BT.	TT TT	004 005
	Un punto de la red de BT.	B	Instalación de alumbrado exterior, alimentado en BT y distribuido en los mismos soportes de la red pública de BT.	TT	004 y 005
	Un punto de la red de BT.	C	Instalación de alumbrado exterior, alimentado en BT y distribuido a través de un transformador de BT/BT.	TT o TN	007
	Un punto de la red de BT.	D	Instalación de alumbrado exterior, alimentado en BT y distribuido en MT y reducido a BT para la alimentación de las fuentes luminosas.	TT o TN	009
Red de distribución pública de MT.	Un punto de la red de MT.	E	Instalación de alumbrado exterior alimentado y distribuido en MT.	TT o TN	010
	Un punto de la red de MT.	F	Instalación de alumbrado exterior alimentado desde un centro de transformación particular.	TT o TN	012

Tabla L6.1-013: *resumen de las posibilidades de distribución y alimentación del alumbrado exterior descritas en este manual.*

Control del alumbrado exterior

La instrucción ITC-BT-09 del Reglamento de BT expone en sus apartados:

■ 03. Dimensionamiento de las instalaciones.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación.

■ 04. Cuadros de protección, medida y control.

Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o fotoeléctricos, se dispondrá además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.

Con el fin de poder atender las prescripciones textuales y el espíritu de las mismas definiremos el cuadro de control a partir del interruptor de control de potencia ICPM para los contajes en BT o del interruptor automático general para los suministros de contaje en MT.

Encendido de un alumbrado en función de la iluminación solar

Control de un alumbrado exterior en función de la iluminación solar, con dos niveles de alumbrado en función de los horarios de máxima y mínima utilización:

■ (4) Interruptor de control de potencia ICPM, interruptor magnetotérmico para controlar el máximo de la potencia contratada. Debe disponer de un poder de corte apropiado a la corriente de cortocircuito del punto a instalar, ver Tabla D4–064: tabla de las características de los equipos de medida para interiores M/–, T/–, página D/88 del 1.er Volumen y Tabla H2-3-056: características eléctricas interruptores automáticos Clario, página H2/96, del 2.º Volumen.

■ (5) Un interruptor a corriente diferencial-residual del tipo ID selectivo Ⓢ Clase AC. El interruptor diferencial debe ser selectivo con respecto a los diferenciales situados aguas abajo y poder soportar las corrientes permanentes de los puntos luz situados aguas abajo. Ver apartados “Corrientes de fuga permanentes”, página G/214, 4.4. “Coordinación de las protecciones diferenciales”, página G/97 y 4.3. “Descripción de una gama de interruptores diferenciales”, página G/84 del 2.º Volumen.

■ (6) Interruptores automáticos generales y para las derivaciones en función de la capacidad de cortocircuito y la intensidad nominal, pueden ser:

□ Un interruptor automático de conformidad a la UNE-EN 60898, estos interruptores automáticos pueden incorporar protecciones contra las corrientes de fuga, ver apartado 4.3.3. “Interruptor automático difrerencial DPN Vigi”, página G/90 y Tabla H2-3-056: características eléctricas interruptores automáticos sistema Clario, página H2/96, del 2.º Volumen.

□ Un interruptor automático de conformidad a la UNE-EN 60947-2 y la UNE-EN 60947-2 para potencias superiores, estos interruptores automáticos pueden incorporar protecciones contra las corrientes de fuga, ver apartados “Interruptores automáticos diferenciales Vigicompact NS100 a 630”, página G/95 y “Gama de interruptores de caja moldeada”, página H2/105 del 2.º Volumen.

■ (7) Interruptor diferencial ID “si” Clase A superinmunizado con capacidad para mantener una calidad de servicio en circuitos con fuertes perturbaciones. Alta o media sensibilidad en función de las fugas permanentes. Ver apartado 4.3. “Interruptores diferenciales ID”, página G/84 del 2.º Volumen.

■ (8) Contacto auxiliar de señalización en condición de cerrado cuando el interruptor automático está abierto.

■ (9) Contactores comandados por equipos de control de la energía para obtener el mínimo consumo necesario para la función, recomendado por la instrucción ITC-BT-09 del reglamento de BT. Ver apartado 5.8. “Contactores”, página J/180 del 3.er Volumen.

■ (10) Compensador activo para la reducción de los armónicos a niveles inferiores a los tolerados por la norma UNE-EN 60140, producidos por las lámparas de descarga THDI = 37%. De conformidad al Real Decreto 1955/2000 del 1 de diciembre. Ver apartados 4.4.6. “El dimensionamiento de un compensador activo tipo shunt”, página K/304 y 4.4.9. “El compensador activo Sine Wave^{THM}”, página K/312 del 4.º Volumen.

■ (11) Descargador de sobretensiones en la red de BT de la gama PF--, ver apartado 4.1. “Elección de las protecciones del Grupo Schneider”, página H2/249 del 2.º Volumen.

■ (13) Núcleo toroidal para la transmisión de señales al equipo de compensador de armónicos, ver Tabla G4-045: características de los toroidales diferenciales, página G/138.

■ (16) Piloto de señalización, ver apartado 4.1. “Pulsatería”, página J/123 del 3.er Volumen.

■ (17) Punto luz.

■ (22) Batería de compensación del factor de potencia.

La instrucción ITC-BT-09 exige la compensación del factor de potencia de cada punto luz hasta un valor mínimo de cos φ = 0,9, pero hasta un cos φ de 0,92 existen recargos tarifarios y a partir de él abonos tarifarios. Podemos disponer de una compensación suplementaria para obtener una tarifación más ventajosa (ver apartados 5. "¿Cómo determinar el nivel de compensación de la energía reactiva?", página E/47 y 6. "Características de las baterías de condensadores", página E/59 del 1.er Volumen).

■ (23) Célula fotoeléctrica mural. Ver apartado 7.1. "Los interruptores crepusculares IC", página J/255 del 3.er Volumen.

■ (24) Interruptor crepuscular programable IC2000.

Umbrales de programación de 2 a 35 lux y de 35 a 2.000 lux.

Umbral de temporización a la sensibilidad de fenómenos transitorios T < 80 s (ver apartado 7.1. "Los interruptores crepusculares IC", página J/255 del 3.er Volumen). Su función es la de activar un contacto a partir de un alumbrado solar mínimo Interruptor horario IHP de dos canales programables (ver apartado 6.4.2. "Los interruptores horarios digitales programables IHP", página J/236 del 3.er volumen). Su función es mantener un horario de encendido programado al alumbrado suplementario en los momentos de máximo tránsito, permitiendo un calendario anual.

■ (25) Retardador al cierre RTA (ver el apartado "Relés RTA, RTB, RTC y RTH, retardadores y temporizadores", página J/228 del 3.er Volumen), su función es la de retardar el encendido de un grupo de puntos luz para que las puntas de arranque no coincidan y sean lo menor posible para reducir las bajadas de tensión, manteniendo la calidad de la onda senoidal dentro de los límites fijados por la reglamentación (ver capítulo K, apartado 4. "Qué debemos controlar para determinar la calidad de la energía eléctrica", página K/237 del 4.º Volumen).

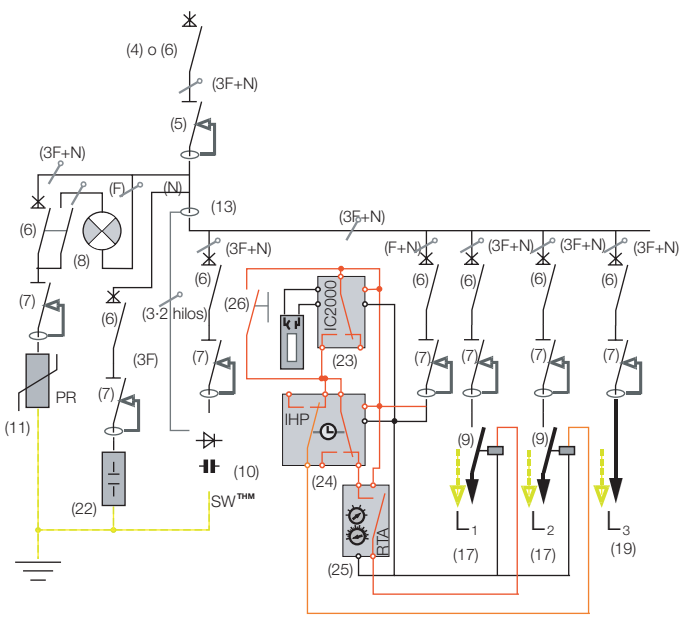
■ (26) Interruptor manual para el forzado del encendido.

L
6.1

Esquemas

Esquema para el control del alumbrado exterior en régimen TT

En el apartado de cálculos y dimensionado daremos valores a la aparamenta.

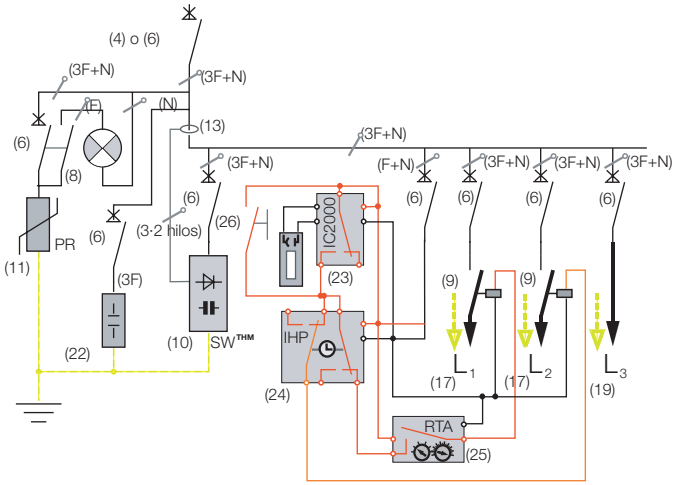


Nota: El circuito de potencia es unifilar y el de maniobra se desdobla a bifilar para facilitar el seguimiento, manteniendo los colores rojos para la fase y el negro para el neutro.

Fig. L6.1-014: *esquema del control del alumbrado exterior en régimen TT.*

Esquema para el control del alumbrado exterior en régimen TN-S

En el apartado de cálculos y dimensionado daremos valores a la aparamenta.



Nota: El circuito de potencia es unifilar y el de maniobra se desdobla a bifilar para facilitar el seguimiento, manteniendo los colores rojos para la fase y el negro para el neutro.

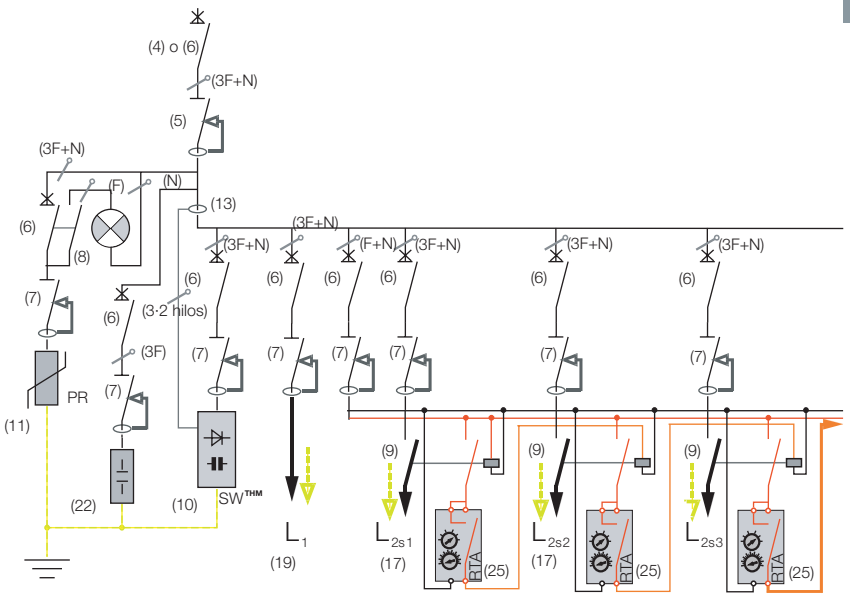
Fig. L6.1-015: *esquema del control del alumbrado exterior en régimen TN-S.*

Encendido de un alumbrado en función de la punta de arranque

Encendido por secciones encadenadas y separada la función por un tiempo preseleccionado.

Esquemas

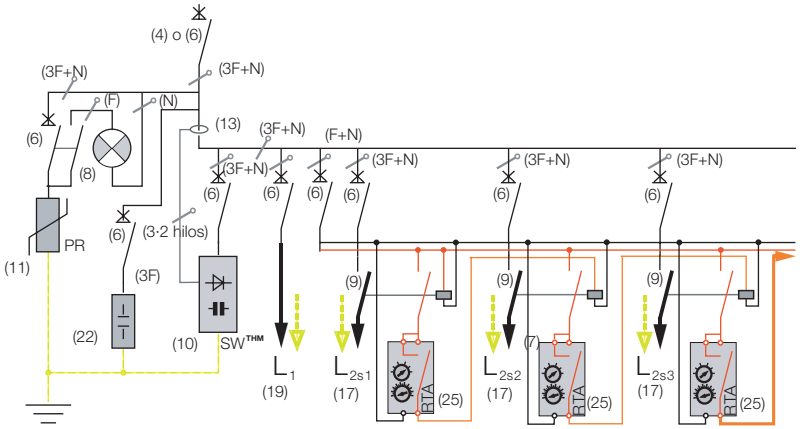
Esquema para el control del alumbrado exterior por secciones en esquema TT



Nota: El circuito de potencia es unifilar y el de maniobra se desdobla a bifilar para facilitar el seguimiento, manteniendo los colores rojos para la fase y el negro para el neutro.

Fig. L6.1-016: *esquema para el control del alumbrado exterior por secciones en régimen TT.*

Esquema para el control del alumbrado exterior por secciones en esquema TN-S



Nota: El circuito de potencia es unifilar y el de maniobra se desdobla a bifilar para facilitar el seguimiento, manteniendo los colores rojos para la fase y el negro para el neutro.

Fig. L6.1-017: *esquema para el control del alumbrado exterior por secciones en régimen TN-S.*

Las acometidas deben realizarse en función de la compañía suministradora, en el capítulo D del primer volumen hemos descrito todas las posibles opciones, solamente debemos tener en consideración que las situadas al aire libre deben disponer de una protección IP55 según la instrucción ITC-BT-09.

L
6.1

Cuadros de alimentación para cargas adicionales correspondientes al grupo B

Deberemos disponer de una protección para cada unidad de instalación. La CEI y en consecuencia la UNE, tratan estas derivaciones como una toma de corriente para una carga portátil. Todos deben estar protegidos por un interruptor a corriente diferencial-residual de alta sensibilidad, como mínimo de 30 mA, tanto si se trata de una distribución en régimen TT o TN-S.

Deberemos distinguir dos grupos:

- Para pequeñas potencias de consumo.
- Para grandes potencias de consumo.

Para conocer si con los contactos de los equipos de control del tiempo u otros es posible alimentar las cargas ver el capítulo J, apartados 20. “Aparamenta para circuitos de alumbrado”, página J/927, y 21. “Los circuitos de calefacción”, página J/971 del 3.er Volumen.

Esquemas

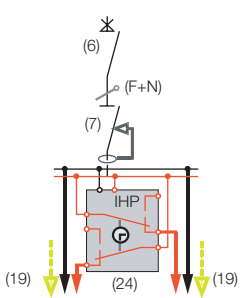


Fig. L6.1-018: *esquema para las cargas del grupo B de pequeña potencia.*

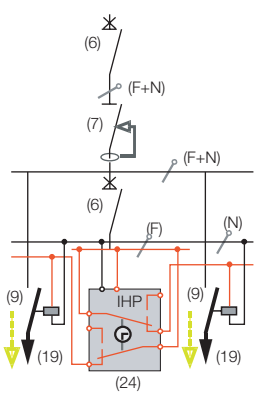


Fig. L6.1-019: *esquema para las cargas del grupo B de gran potencia.*

6.1.1.2. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

ITC-BT-24-3

Protección contra los contactos directos

■ Todas las partes bajo tensión deben ser protegidas contra los contactos directos.
■ Esta protección es generalmente asegurada por las envolventes de los materiales (fundas para los conductores, envolventes de los cofres para la aparamenta, luminarias para las lámparas...) que posean un grado de protección IP2x (1).

ITC-BT-09-4

■ Los cuadros y cofres que contengan partes bajo tensión deben poder cerrarse de forma que para abrirlos sea necesario un útil o una llave.
■ El registro para el control del interior del punto luz debe poder cerrarse de forma que para abrirla sea necesario un útil o una llave.
■ Puesto que la protección contra los contactos directos, es decir la protección contra los posibles contactos con las partes conductoras activas, impone una protección superior a la protección por la penetración de cuerpos sólidos y polvo, a las cifras del grado de protección IP le añadiremos una letra que signifique:
A = protección para impedir tocar una parte activa con el dorso de la mano.
B = protección para impedir tocar una parte activa con un dedo.
C = protección para impedir tocar una parte activa con un útil.
D = protección para impedir tocar una parte activa con un hilo delgado.
■ Así si la protección contra la entrada de polvo requiere un grado de protección IP1x, la protección contra los contactos indirectos impone el grado IP1xB.
Esta protección (B) se entiende en el momento de abrir la puerta del armario si ésta no queda sin tensión en el momento de abrir la puerta, o en caso que quede sin tensión, la protección queda reducida a los bornes de entrada.

(1) Para asegurar la protección contra las influencias externas, el grado de protección es el IP44.

ITC-BT-24-4

Protección contra los contactos indirectos

■ La protección contra los contactos indirectos, es decir contra las consecuencias de un defecto de aislamiento, es asegurado bien:

ITC-BT-24-4-1-1
Tabla 1

□ Sea por corte automático de la alimentación, cuando el corte de la alimentación es asegurado por un dispositivo de corte automático en el momento que se produce un defecto, y en un tiempo capaz de no producir ninguna lesión a las personas.
□ Sea realizando la instalación de tal forma que todo defecto entre partes bajo tensión y partes accesibles sea improbable, o que los riesgos correspondientes puedan ser insignificantes (no peligrosos): estas situaciones se consiguen utilizando correctamente materiales de Clase II o preveyendo una instalación de aislamiento suplementario a todos los materiales eléctricos.
■ En la práctica, la protección contra los contactos indirectos se asegura instalando una de las medidas de seguridad siguientes:
□ Empleo de materiales de Clase II y aislamiento suplementario al entorno de toda la instalación.
□ Corte automático por dispositivos individuales de protección contra las sobreintensidades.
□ Corte automático por dispositivos de protección a corriente diferencial-residual.
□ Corte automático por dispositivos de protección contra las sobreintensidades y unión equipotencial de las masas al neutro (esquema TN).

ITC-BT-43-2-2
Tabla 1

Protección por empleo de materiales de Clase II y por aislamiento suplementario a lo largo de la instalación

■ Esta medida de protección definida en los apartados 2.1.2. “Protección contra los choques eléctricos en servicio normal”, página L/14, y 2.1.4. “Coordinación de los materiales eléctricos y de medidas de protección con la

instalación eléctrica", página L/30 y "Material de Clase II", página L2/33, consiste en realizar las instalaciones de alumbrado público de tal forma que un riesgo de defecto por falta de aislamiento sea excluido. Dicho de otra forma, los aparatos de alumbrado y los materiales de circuitos de alimentación deben ser realizados en Clase II o equipados, en la instalación, de unos aislamientos suplementarios.

■ En la práctica, la aplicación de estas medidas de protección necesita las disposiciones siguientes (Fig. L6.1-020):

□ La utilización de luminarias propiamente dichas de Clase II, según las reglas de concepción y de construcción previstas por las normas correspondientes.

□ Utilización de canalizaciones interiores en los faroles, de conductores y conductos de Clase II, es decir conductores aislados en conductos aislantes o cables que lleven algún revestimiento metálico, tales como las series U 1000 R2V o H 07 RN-F.

Los cables deben ser fijados en su extremidad superior por dispositivos de amarre previstos por el artículo 3.10.1. de la norma UNE-EN 60598-2-3 C 71-003.

También los cables deben ser protegidos contra las posibles degradaciones mecánicas producidas por el propio punto luz en sus posibles movimientos o vibraciones; esta protección puede ser asegurada por una funda apropiada al conductor (Fig. L6.1-020).

□ Instalación de la aparamenta en un cofre de Clase II, cofre que debe satisfacer las reglas correspondientes a un nivel de seguridad de Clase II (ver "Aparamenta", página L/267).

□ Protección con canalizaciones aislantes de los conductores de entrada y salida al farol en el nivel de la placa de fijación (Fig. L6.1-021, página L/284).

■ Los puntos luz y la aparamenta propia del punto luz no deben conectarse a una toma de tierra individual, si la alimentación comporta un conductor de protección.

Cuando los puntos luz están situados en lugares con riesgos ceráunicos (caída de relámpagos), en colinas sin arbolado ni edificaciones, puede ser necesaria una puesta a tierra para derivar las corrientes del rayo.

Cuando un incidente o accidente se sitúa sobre una instalación, el riesgo de contacto de un conductor activo con la masa del punto luz es poco probable si la instalación se ha realizado correctamente y con esmero, sobre todo en la penetración y salida de los conductores.

■ La realización de las instalaciones en Clase II concierne a las luminarias y sus equipos, pero no tiene ninguna condición sobre el régimen de neutro de la alimentación tanto para el TN o el TT según las condiciones de la red pública de alimentación.

Dicho de otra forma, la instalación de alumbrado público es realizada a partir de su origen, los bornes de salida del transformador de MT/BT, y protegido según las reglas aplicables a un régimen TN (ver "Protección por dispositivos de protección contra las sobreintensidades (esquema TN)", página L/286 y "Solución 6", página L/292).

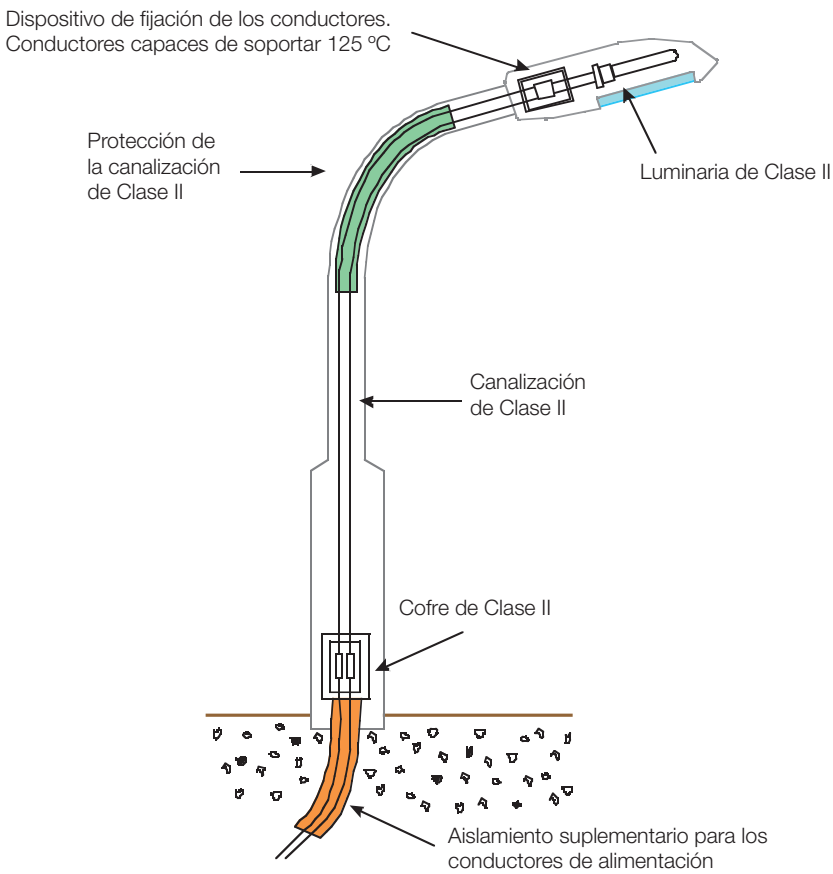
Estas disposiciones conciernen a las canalizaciones de la instalación. Pero a partir de los bornes de conexión de la instalación al pie del punto luz, la instalación es realizada según las disposiciones anteriores y presentando una seguridad de Clase II.

Realización de la instalación de un farol en Clase II y su aislamiento suplementario

■ En principio la realización de una instalación en Clase II según las disposiciones precedentes no necesita de protección diferencial, de hecho por que la instalación está concebida y realizada de forma que un fallo de aislamiento es improbable.

Más bien esta protección crea ciertos inconvenientes si se aplica con protecciones con dispositivos de desconexión a corriente diferencial-residual:

□ Caso de un punto luz con báculo.



□ Caso de un punto luz con brazo.

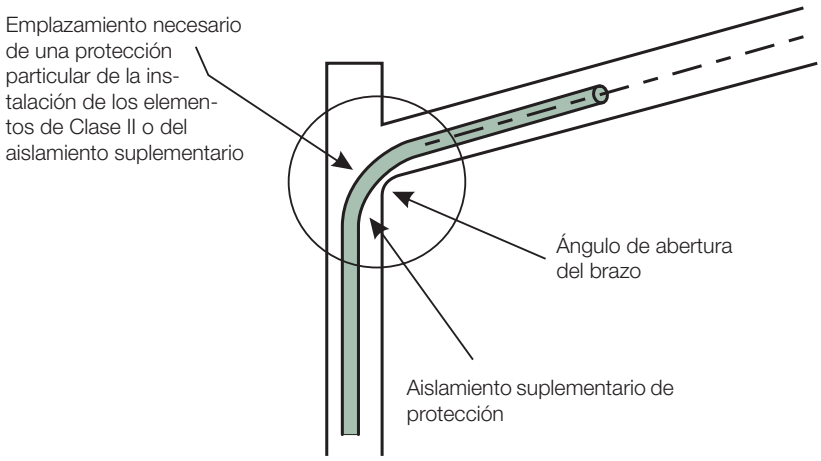


Fig. L6.1-020: *instalación de puntos luz con materiales de Clase II.*

■ Cuando se instala una luminaria sobre un muro metálico, la instalación debe realizarse en Clase II o aislamiento suplementario y la canalización debe protegerse mecánicamente contra los impactos.

Protección por aislamiento suplementario en la instalación

Base de un punto luz (farol).

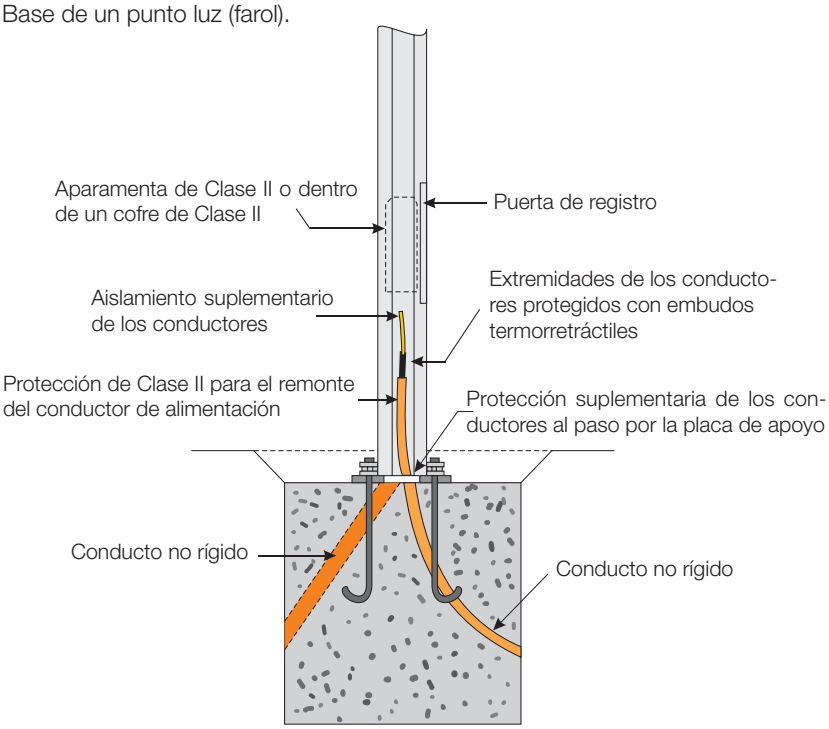


Fig. L6.1-021: *protección por aislamiento suplementario en la base de un punto luz (farol).*

L
6.1

Protección por dispositivos de protección individual contra las sobreintensidades

■ La protección contra los contactos indirectos, en redes de régimen de neutro TN, puede ser asegurada por dispositivos de protección contra las sobreintensidades de baja intensidad asignada o de regulación térmica (fusibles o pequeños interruptores automáticos divisionarios) a condición de realizar una toma de tierra de baja resistencia. En efecto, la resistencia de la toma de tierra de la masa (R_A) debe ser de un valor máximo = 24 V/I_a (admitido en las condiciones de BB2). Siendo I_a:

□ La corriente de disparo instantáneo de un interruptor automático.

□ La corriente de fusión en menos de 5 segundos cuando se trata de un fusible.

Nota: el tiempo de fusión total debe estar en correspondencia a la Tabla G1-015, página G/40 del 2.º Volumen.

■ La ITC-BT-09 prevé que en el alumbrado exterior la resistencia de puesta a tierra debe ser tal (durante las cuatro estaciones del año) que la posible tensión de contacto no sea mayor de 24 V (BB2).

Por tanto, en el capítulo G, apartado "Protección contra contactos indirectos" encontraremos la Tabla G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, para poder calcular exactamente a una situación de BB2 (24 V) la tensión máxima de contacto y el tiempo máximo de aceptación de esta tensión por el cuerpo humano.

■ Los dispositivos de protección son:

□ Los fusibles gG.

□ Los pequeños interruptores automáticos de curva tipo B.

■ También, por ejemplo, un dispositivo de 4 A de corriente asignada situado al pie del farol asegura la protección del equipamiento eléctrico si la toma de tierra de las masas presenta una resistencia inferior a 2,5 ohmios.

■ El valor de 4 A es compatible con las corrientes absorbidas, en funcionamiento, dependiendo de las lámparas.
Las lámparas de descarga de 250 W que habitualmente se utilizan en el alumbrado público lo permiten.

Protección por dispositivos de corriente diferencial residual

■ Es la protección habitual en los regímenes de distribución TT, y regularmente por los alumbrados públicos, conectados a la red de distribución pública de BT.
■ Estos dispositivos pueden ser ubicados al origen de la instalación o en cada punto luz.
■ La primera solución, que consiste en proteger la conexión de alumbrado público por un solo dispositivo en cabecera, presenta los siguientes inconvenientes:
□ Un defecto en un aparato provoca el corte de la alimentación; asegura la seguridad contra el riesgo de contacto indirecto, pero compromete la seguridad que aporta el alumbrado.
□ Los dispositivos diferenciales pueden desconectar, en ciertos casos, por otras razones que no sean defectos de la instalación (por ejemplo por la introducción de ciertas sobretensiones); los cuales comprometen la seguridad del beneficio del alumbrado a los usuarios.
La interrupción del alumbrado público incrementa el riesgo de agresión nocturno así como el riesgo de accidentes de circulación, por ejemplo la no visión de señales o la no visión de un cruce peligroso.
■ La segunda solución, que consiste en instalar un dispositivo de protección a corriente diferencial residual en cada farol, es ciertamente la mejor de todas, la desconexión y apagado de un solo farol no compromete la seguridad viaria.
■ Esta solución es más efectiva pero necesita del mantenimiento del rearme manual.
■ Por contra, existen dispositivos electrónicos de protección a tierra, específicos para el alumbrado público. Tales dispositivos pueden ser:
□ De corte galvánico bipolar, sin órgano de maniobra, pero a conexión automática al situarse bajo tensión y a desconexión automática al desconectar la alimentación o en caso de defecto. Estos dispositivos pueden incluir un ciclo de reenganche automático después del corte por defecto.
□ Unipolar semiconductor, sin corte galvánico, pero realiza el corte sobre el conductor que está instalado en caso de defecto.
Estos dispositivos no necesitan de rearme manual puesto que se rearman automáticamente al colocar la instalación bajo tensión.
■ Su instalación debe respetar las siguientes condiciones:
□ Deben ser instalados sobre el conductor de fase.
□ Un dispositivo de protección contra las sobreintensidades (fusible o interruptor automático) debe instalarse sobre el conductor de fase aguas arriba del dispositivo.
□ Un dispositivo de seccionamiento debe preverse sobre el conductor neutro.
■ Todos los dispositivos automáticos de protección de corrientes de fuga a tierra son objeto de una norma UNE que dispone de un protocolo de ensayos.
■ Cualquiera que sea su emplazamiento, para asegurar la protección contra los contactos indirectos, un dispositivo a corriente diferencial residual es asociado a una toma de tierra donde la resistencia R_A debe ser por lo menos igual a: 24 V/ $I_{\Delta n}$ (BB2).
Donde:
– $I_{\Delta n}$ es la corriente diferencial residual asignada al dispositivo (no confundir con la corriente asignada que debe ser por lo menos la de empleo del circuito).
Por tanto en el capítulo G, apartado “Protección contra contactos indirectos” encontraremos la Tabla G1-015, página G/40 del 2.º Volumen, para poder calcular exactamente a una situación de BB2 (24 V) la tensión máxima de contacto y el tiempo máximo de aceptación de esta tensión por el cuerpo humano.

■ Cuando un dispositivo de protección diferencial es instalado al origen de la instalación puede ser necesario limitar el número de luminarias alimentadas aguas abajo del interruptor diferencial. En efecto, la suma de las corrientes de fuga producidas por la aparamenta auxiliar a la lámpara pueden ser superiores al umbral de la corriente diferencial-residual asignada, en tal caso las corrientes de fuga normales pueden provocar la apertura del interruptor diferencial.
■ Se puede considerar que la aparamenta auxiliar de cada luminaria de Clase I puede llegar a producir, en condiciones normales, una fuga de 3,5 mA.
■ El dispositivo diferencial puede ser de funcionamiento instantáneo o a funcionamiento retardado para asegurar la selectividad con los dispositivos diferenciales eventualmente situados aguas abajo; este dispositivo es de tipo S y a un retardo intencionado del orden de 40 ms, que permite a los dispositivos situados aguas abajo abrirse sin que el dispositivo S abra al mismo tiempo.
■ Este dispositivo de tipo S es utilizado en la solución 4 (página L/290).

Protección por dispositivos de protección contra las sobreintensidades (esquema TN)

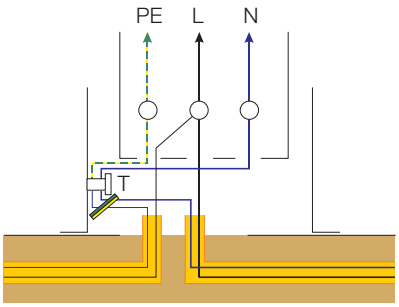
■ En el esquema TN, a fin de que la corriente de defecto, que es una corriente de cortocircuito entre fase y neutro, asegure el funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo prescrito, la impedancia Z_d del bucle de defecto debe ser igual a 230 V/I_d:
□ I_d es la corriente que asegura una apertura instantánea del dispositivo de protección, cuando es un interruptor automático.
□ I_d es la corriente que asegura la fusión del cartucho de protección, en un tiempo de 0,4 segundos o en menos de 5 segundos cuando el conductor de protección PEN es puesto a la tierra en sus extremidades.
■ En la práctica, esta condición se verifica si la longitud total de la canalización entre el origen de la instalación y el punto luz más alejado es por lo menos igual a:

$$L = \frac{0{,}8 \cdot U_0 \cdot S}{2 \cdot \rho \cdot I_d}$$ en una red de 230/400 V será: $L = 4.089 \ \frac{S}{I_d}$.

■ Las longitudes correspondientes se dan en las Tablas G5-004 y G5-005, páginas G/143 y G/144 del 2.° Volumen.
□ Todas las disposiciones deben ser tomadas por asegurar la continuidad del conductor de protección y especialmente la del conductor PEN de la instalación de alimentación.
□ Puesto que la instalación interior del punto luz en Clase I es obligatorio conectarla al borne de tierra del farol (ver Fig. L6.1-022):
– El conductor PEN de la canalización de alimentación.
– El conductor de protección del equipo eléctrico del punto luz.
– El conductor neutro.
□ Si la protección interior del punto luz es de Clase II (ver Fig. L6.1-022), el conductor PEN no debe ser unido al borne de tierra del punto luz.
Las condiciones de protección son las propias de un esquema TN aguas arriba del cofre del punto luz.
Aguas abajo debe satisfacer la protección de la Clase II.
Los cables de alimentación (R2V o RVFV) deben ser instalados de forma que impida todo contacto de los conductores activos y de los revestimientos metálicos de los cables RVFV con el puntop luz.
□ El esquema TN no es utilizable si se realiza con líneas aéreas.

Ejemplos de instalación de alumbrado público, alimentación con esquema TN-C

■ Puntos luz de Clase I.



■ Puntos luz de Clase II.

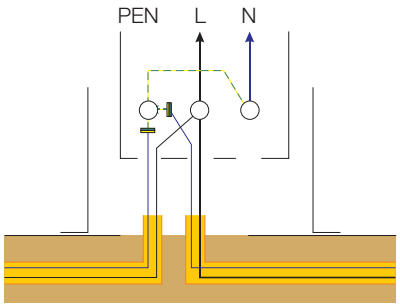


Fig. L6.1-022: *conexión de los puntos luz en régimen TN.*

Elección de las medidas de protección contra los contactos indirectos

Instalación del grupo A

■ Diferentes soluciones son posibles para la elección de las medidas de protección contra los contactos indirectos según el esquema de unión a la tierra y en función de la naturaleza de los dispositivos de protección.

■ Estas soluciones, detalladas en el texto siguiente, son:

□ 1. Clase II y aislamiento suplementario de la instalación (esquema TT o TN).

□ 2. Protección por dispositivos de protección contra las sobreintensidades de bajas corrientes asignadas, asociadas a tomas de tierra de baja resistencia (esquema TT).

□ 3. Protección diferencial general (esquema TT).

□ 4. Protección diferencial general e individual (esquema TT).

□ 5. Protección diferencial individual.

□ 6. Dispositivos de protección contra las sobreintensidades (esquema TN).

■ Las instalaciones del grupo A pueden ser protegidas por una de las soluciones del 1 al 6, teniendo en cuenta las indicaciones de la tabla L6.1-023 según las condiciones de alimentación.

■ Ciertos equipos de instalaciones del grupo A necesitan una alimentación permanente incluso cuando el alumbrado público es apagado (por ejemplo balizas, focos de señalización...). Tales equipamientos son alimentados con circuitos específicos. Estos circuitos deben realizarse utilizando materiales:

□ 1 (Clase II y aislamiento suplementario) o

□ 4 (dispositivos de protección a corriente diferencial-residual individualizados, tipo A de 30 mA o dispositivos de protección a corriente diferencial-residual general, selectivo tipo S).

Solución 1

■ Clase II y aislamiento suplementario a lo largo de la instalación:

□ Espacio para el paso para la puesta de tierra.

□ Espacio para el paso del conductor de protección.

□ Protección por fusibles o interruptores automáticos.

□ Utilización de luminarias de Clase II.

□ Utilización de cables presentes a nivel de la Clase II.

□ Disposición de aparamenta en un cofret de Clase II.

□ Precauciones a tomar por la conexión de cables de alimentación en el cofre para la aparamenta.

□ Aislamiento de las cubiertas metálicas de los conductores enterrados, a la entrada de los cofres y armarios.
□ Fijación de los cables al dispositivo de amarre de las luminarias.
□ Precaución a tomar a los cambios de dirección de los conductores al introducirse en los faroles (ver. Fig. L6.1-020, página L/283).

Elección de soluciones según la forma de distribución

Forma de distribución	Esquema	Soluciones					
		1	2	3	4	5	6
		Instalaciones suplementarias	TT DPS	TT DDRG	TT DDRG+ DDRI	TT DDRI	TN
A - Acometida de BT, independiente	TT						
B - Acometida de BT, soportes comunes y eléctricamente separados	TT						
C - Transformador BT/BT	TN						
D - Instalación MT/BT, alimentada en baja tensión	TN						
E - Instalación MT/BT alimentada en media tensión	TN o TT						
F - Centro de transformación MT/BT particular	TN o TT						

Solución autorizada.
Solución desaconsejada.
Solución no aplicable.

DPS = dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
DDRG = dispositivo a corriente diferencial residual, general.
DDRI = dispositivo a corriente diferencial residual, individual.

Tabla L6.1-023: *relación del régimen de neutro con las posibles soluciones.*

■ Solución global o parcial por la concepción y la realización de todo o parte de una instalación.
■ Una solución parcial consiste en emplear la Clase II en un punto luz, en una instalación no prevista para Clase II, a condición que todas las condiciones sean tomadas al entorno de las tomadas para el punto luz.

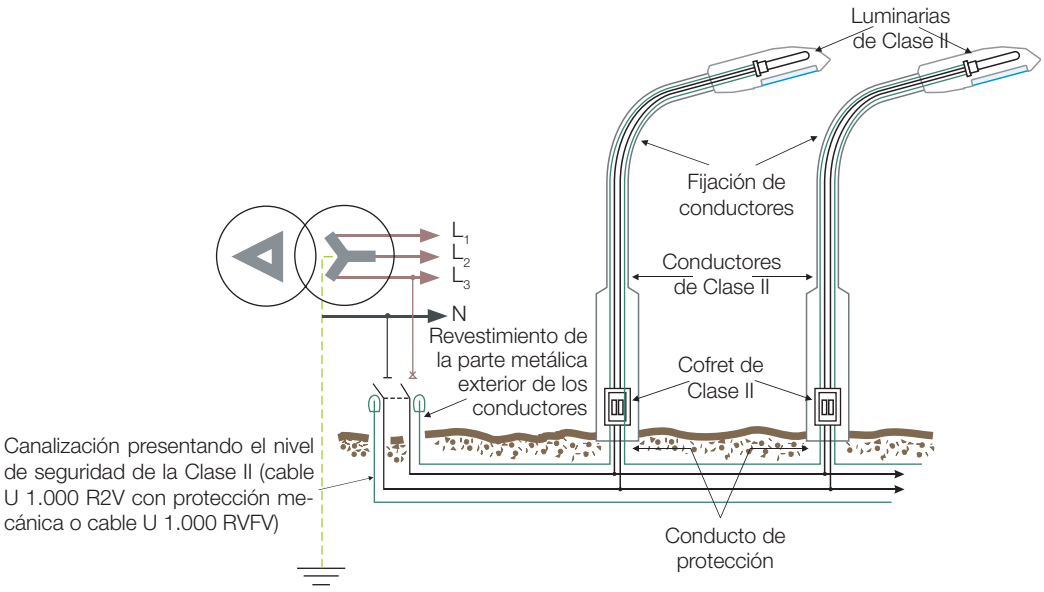


Fig. L6.1-024: *esquema de la solución 1.*

Solución 2

■ Esquema TT con puesta a tierra y protección individual:

□ Realización de una puesta a tierra de cada farol para obtener una resistencia de toma de tierra de bajo valor (de 1 a 5 Ω de máximo). Esta puesta a tierra se obtiene preferentemente por un conductor enterrado, de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección uniendo todos los faroles.

Una toma de tierra de cada farol no permite generalmente obtener una resistencia tan baja como para asegurar una tensión de contacto BB2 (24 V). En España en las zonas secas esta solución es prácticamente imposible.

□ Protección por fusibles o pequeños interruptores automáticos de corriente asignada (⩽ 6 A), en la práctica de 2 a 4 A.

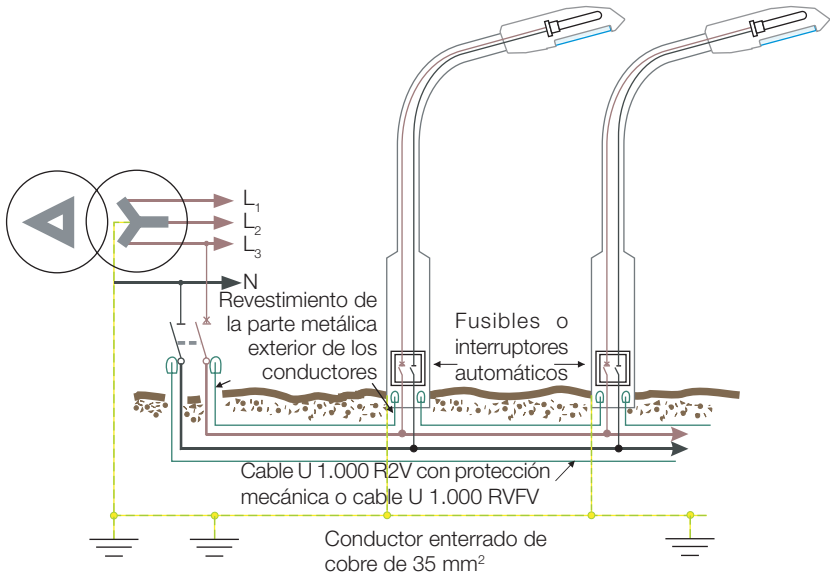


Fig. L6.1-025: *esquema de la solución 2.*

□ Aislamiento suplementario aguas arriba del interruptor automático de protección de cada farol, y comprendiendo el dispositivo de protección (cable con aislamiento de seguridad de Clase II y armario general de Clase II).
□ Aislamiento de las protecciones metálicas de los conductores a la entrada en los faroles y armarios.
□ Ubicación de la aparamenta en un cofre de Clase II.
■ Esta solución necesita la realización y el mantenimiento de las tomas de tierra de baja resistencia, compatible con la regulación de las protecciones.
■ Ella presenta riesgos peligrosos si la resistencia de la toma de tierra aumenta o si la regulación de la protección es modificada, por ejemplo por la sustitución de un fusible por otro de corriente asignada superior.

Solución 3
■ Esquema TT con protección a corriente diferencial-residual:
□ Realización de tomas de tierra interconectadas de resistencia apropiadas a la protección a corriente diferencial-residual, general.
□ Protección a corriente diferencial-residual al origen de la instalación, por ejemplo del tipo S.
□ Interconexión de todas las masas de los faroles por un conductor enterrado desnudo de 35 mm² de sección.
□ Protección individual por fusible o interruptores automáticos.

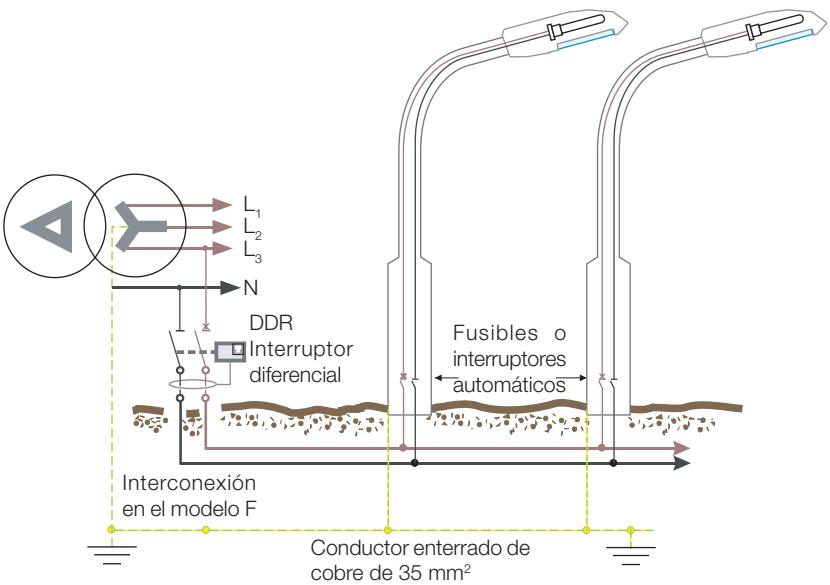


Fig. L6.1-026: *esquema de la solución 3.*

■ Esta solución es desaconsejada en razón del riesgo de interrupción total del alumbrado, por causa de defecto en un solo punto luz.
■ También si el alumbrado es alimentado por dos circuitos o más circuitos, protegidos individualmente cada uno, alimentando alternativamente los puntos de luz, el riesgo queda muy reducido.
■ Es apropiado para instalaciones de pequeñas cantidades de puntos luz.

Solución 4
■ Esquema TT con protección a corriente diferencial-residual general e individual:
□ Realización de tomas de corriente individuales de resistencia apropiada a la protección de corriente diferencial-residual.

□ Protección por dispositivos de corriente diferencial-residual o de protección a tierra (en cada punto luz) de corriente diferencial-residual asignada de alta sensibilidad, 30 mA .
□ Protección individual contra sobreintensidades por fusibles o interruptores automáticos.
□ Seccionamiento por corte bipolar de los dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
□ Protección general de la instalación por un interruptor automático con desconexión por corriente diferencial-residual de 300 mA o 500 mA, tipo [S], selectivo con los dispositivos a corriente diferencial-residual individuales.
■ Esta solución asegura una protección suficiente contra los contactos indirectos, la selectividad entre el interruptor automático diferencial-residual al origen de la instalación y las protecciones a corriente diferencial-residual individual, permite limitar el corte al punto de luz en defecto.
Siempre se deben mantener a lo largo de la instalación las condiciones de BB2, tensión máxima de contacto 24 V.

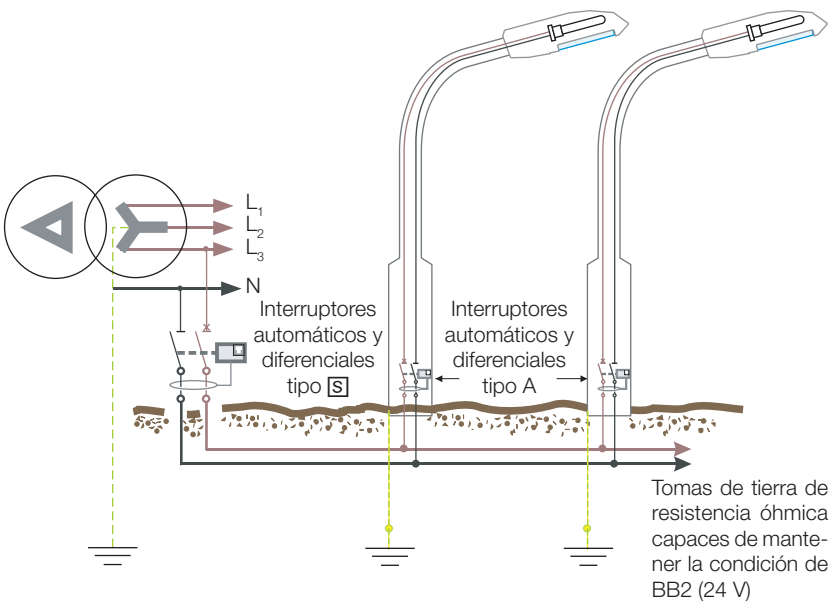


Fig. L6.1-027: *esquema de la solución 4.*

Solución 5
■ Esquema TT con protección a corriente diferencial-residual individual pero sin protección a corriente diferencial-residual general:
□ Protección por dispositivos a corriente diferencial residual o de protección a tierra en cada punto luz, de valor asignado para mantener la condición BB2 (24 V).
□ Protección individual contra las sobreintensidades por fusibles o interruptores automáticos.
□ Seccionamiento por corte bipolar de los dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
□ Variante en la utilización de interruptores automáticos y diferenciales (combinados).
□ Realización de la instalación aguas arriba de los dispositivos diferenciales de los puntos luz en Clase II y por aislamiento suplementario de la instalación (cables que presentan el nivel de seguridad de la Clase II y armario de Clase II).
□ Ubicación de la aparamenta en cada farol en un cofre de Clase II.

□ Aislamiento de los revestimientos metálicos de los conductores enterrados de alimentación a la entrada y salida de cada punto luz y armario.
□ Realización de las tomas de tierra individuales de resistencia apropiada a la protección a corriente diferencial-residual individual BB2.
■ Esta solución asegura una protección suficiente contra los contactos indirectos, el corte en caso de defecto está limitado al punto luz defectuoso.
■ Es muy utilizada, puesto que la suma de las corrientes de fuga permanentes de la aparamenta eléctrica auxiliar de las lámparas, a lo largo de la instalación, es importante (ver "Protección por dispositivos de corriente diferencial residual", página L/285).

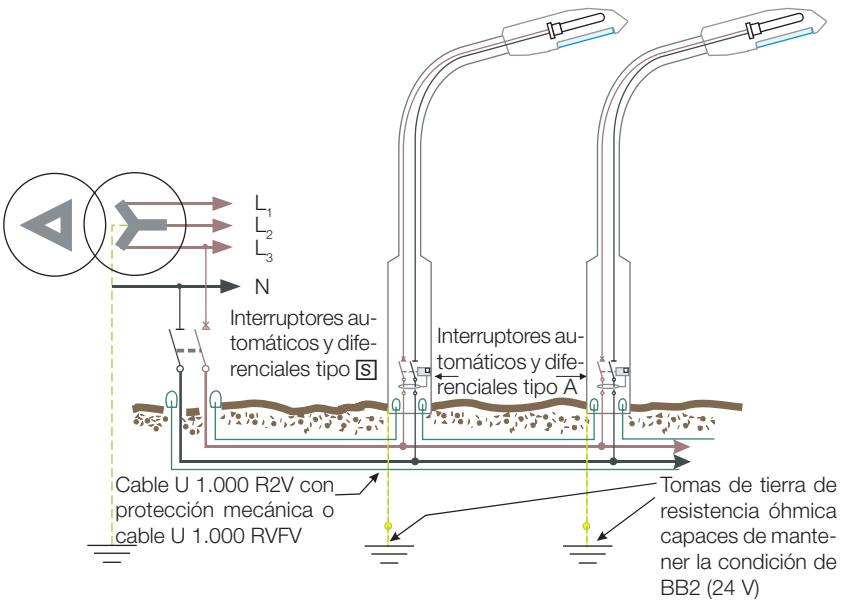


Fig. L6.1-028: *esquema de la solución 5.*

Solución 6

■ Dispositivos de protección contra las sobreintensidades en esquema TN:
□ Realización:
– Circuitos de alimentación en esquema TN-C.
– En el punto luz, aguas abajo de los bornes de conexión de la alimentación en esquema TN-S, en Clase II o aislamiento suplementario.
□ Protección con fusibles o interruptores automáticos, al origen de la instalación y en cada punto luz.
□ Interconexión de masa de los faroles entre ellas asegurado por el conductor PEN en esquema TN-C.
□ Longitud limitada de las canalizaciones, para asegurar la protección contra los contactos indirectos por el dispositivo de protección contra las sobreintensidades, situado al origen de la instalación.
□ Puesta a tierra del conductor PEN en el esquema TN-C al origen de la instalación, o en las extremidades y si es posible en cada derivación de la canalización de alimentación.
■ Esta solución es posible si alimentamos desde un centro de transformación privado, o en ciertas condiciones a través de un centro de transformación de la red pública.
■ Permite la protección contra los contactos indirectos por los dispositivos de protección contra las sobreintensidades.

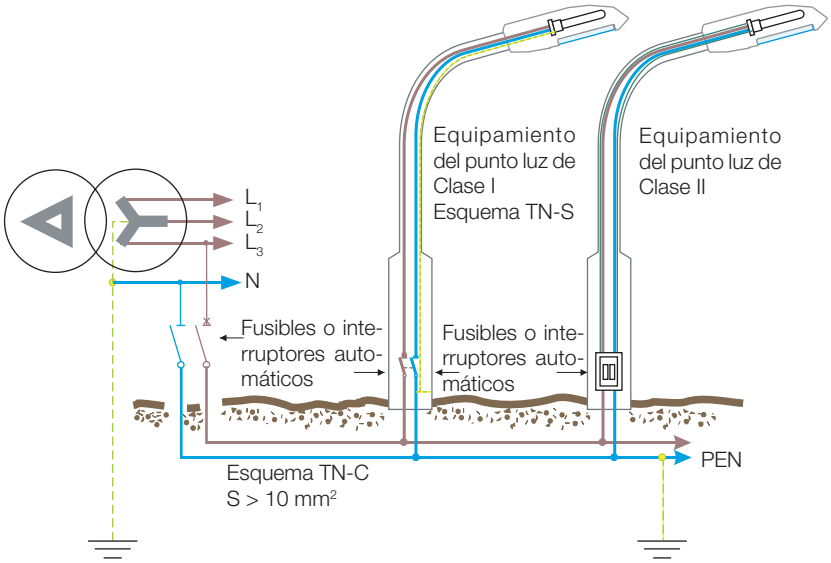


Fig. L6.1-029: *esquema de la solución 6.*

Tabla resumen. Medidas de protección contra los contactos indirectos en las instalaciones de alumbrado público a baja tensión

Soluciones	1	2	3	4	5	6
	Instalaciones suplementarias	TT DDR	TT DDRG	TT DDRG+ DDRI	TT DDRI	TN
Interconexión de masas de los puntos luz						
Tomas de tierra individuales						
Protección contra los contactos indirectos por:						
– Fusible o interruptor automático al origen de la instalación						
– Fusibles o interruptores automáticos individuales						
– Interruptor a corriente diferencial-residual al origen						
– Interruptor a corriente diferencial-residual individual						
Luminarias Clase I						
Luminarias Clase II						
Conductores de Clase II en el punto luz						
Cofre en el pie del farol de Clase II						
Instalación de distribución de Clase II						
Aislamiento de revestimientos metálicos de los conductores enterrados a la entrada y salida de los cofrets, armarios y faroles						

Exige.
Autorizado.
Prohibido.
No aplicable.

DDR = dispositivo a corriente diferencial-residual.
DDRG = dispositivo a corriente diferencial-residual general.
DDRI = dispositivo a corriente diferencial-residual individual.

Tabla L6.1-030: *tabla resumen de las medidas de protección contra los contactos indirectos en las instalaciones de alumbrado público a baja tensión*

Instalación del grupo B

(Mobiliario urbano):

■ La alimentación del mobiliario urbano (marquesinas en las paradas, cabinas telefónicas, paneles de señalización, servicios públicos...) son protegidos por un dispositivo a corriente diferencial-residual de valor asignado, como máximo, de 30 mA, cualquiera que sea la clase del material eléctrico.

■ Este dispositivo de protección se sitúa generalmente en el mismo mobiliario urbano, en el punto de conexión de la alimentación.

■ Puesto que la canalización de alimentación puede ser una derivación desde un punto luz, la adopción de un segundo interruptor a corriente diferencial-residual de 30 mA en el punto luz asegura una protección complementaria contra las consecuencias del vandalismo con la protección del cable aguas arriba del dispositivo previsto en el mobiliario; la presencia en serie de dos dispositivos no selectivos comprende, en caso de defecto, el posible funcionamiento de los dos dispositivos.

■ Por contra, si el mobiliario no dispone del dispositivo a corriente diferencial-residual, se debe instalar uno en el punto luz.

■ Una placa de nombre de calle del grupo 2 debe llevar una protección a corriente diferencial-residual de 30 mA, cualquiera que sea la naturaleza del soporte o la placa.

■ Cuando un farol soporta una luminaria que puede ser del grupo A, y otro equipamiento, como por ejemplo una señalización o un cartel publicitario, que es del grupo B, cada uno de los equipos puede estar alimentado por una canalización distinta y sujetos cada uno a la protección propia correspondiente. No es necesario prever un dispositivo de seccionamiento que con una sola maniobra desconecte las dos alimentaciones, a condición que una información sea situada en el cofre al pie del punto luz indicando que toda intervención necesita la apertura de los dos seccionadores y que cada seccionador sea claramente identificado.

■ Esta disposición debe realizarse puesto que el tiempo de funcionamiento del panel y el farol no deben coincidir permanentemente, provocando dos alimentaciones distintas.

■ Determinación de los materiales de protección.

En el apartado “La protección contra los choques eléctricos” página G/31 del 2.º Volumen encontraremos la forma de calcular y definir los materiales en función de las prescripciones descritas en este apartado de alumbrado exterior:

□ 4. “Instalación régimen TT” página G/81 del 2.º Volumen.

□ 5. “Instalación en régimen TN” página G/140 del 2.º Volumen

□ 7. “Características de los interruptores diferenciales DDR” página G/213 del 2.º Volumen.

En el 2.º volumen existe un ejemplo de cálculo del alumbrado de una urbanización la cual nos sirve de referencia: “Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de la red de alumbrado público”, página G/244 del 2.º Volumen. El cálculo está realizado a un nivel de protección BB3, un grado superior al mínimo solicitado por la ITC-BT-09, BB2 24 V, pero el proceso es el mismo.

6.1.1.3. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar dos incidencias térmicas que acostumbran a dar problemas si no se tienen en consideración:

El calentamiento excesivo en la luminaria

■ Los casquillos de las lámparas que obliga a la utilización de conductores resistentes a la temperatura, de como mínimo 125 ºC.

■ Las lámparas desprenden una cantidad de energía térmica que las luminarias deben poder soportar y disipar. Cuidado en la elección de las luminarias en fun-

ción del calor desprendido por la fuente de luz y las temperaturas ambientales a soportar.

Calentamiento en el interior del cuadro general

Deberemos prever un tipo de cuadro capaz de soportar las inclemencias atmosféricas con grado de protección IP55 pero que permita la evacuación del calor desprendido de la aparamenta, bien sea de forma natural o forzada.

6.1.1.4. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1, apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1/61 del 2.º Volumen, encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones:

- 3.2. "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", página H1/74 del 2.º Volumen.
- 3.2.2. "Determinación de la sección en función de la caída de tensión", página H1/82 del 2.º Volumen.
- 3.2.3. "Determinación de la sección en función de la corriente de cortocircuito", página H1/88 del 2.º Volumen.
- 3.2.4. "Los conductores de protección PE", página H1/108 del 2.º Volumen.
- 3.2.5. "El conductor neutro", página H1/114 del 2.º Volumen.

Determinación de los materiales de protección

En el capítulo H2, apartado 3.1. "Las exigencias de la distribución eléctrica", página H2/41 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.

- 3.2. "La aparamenta de protección contra las sobreintensidades", página H2/78 del 2.º Volumen.
- 3.3. "La regulación de los interruptoress automáticos", página H2/139 del 2.º Volumen.
- 3.5. "Elección de los interruptores automáticos", página H2/207 del 2.º Volumen.

6.1.1.5. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H1, apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 y en el capítulo H2, apartado 4. "Materiales de protección contra las sobretensiones", página H2/249 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones. Y en el apartado "Cálculo de las protecciones contra sobretensiones para el alumbrado público de una urbanización", página H2/275 de 2.º Volumen encontrará un ejemplo de las protecciones de un alumbrado público en una urbanización.

6.1.1.6. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En una red de alumbrado público deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo a las precauciones expresadas en el apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/264 del 1.er Volumen y en el apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen.

Puede ser muy importante la CEM en los cuadros de mando de las instalaciones de alumbrado exterior, y en tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8. "Los cuadros eléctricos y la CEM", página F/152 del 1.er Volumen, y el apartado "Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones en los cuadros", página H2/262 del 2.º Volumen.

6.1.1.7. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

■ En función de las fuentes de alumbrado las bajadas de tensión son acusadas de forma perjudicial para los materiales, en función de perjudicar su vida.

■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.

No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.

■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.

■ Si el corte es suficientemente importante para llegar a descebar las lámpara de descarga, entonces debemos tener en consideración que un rearme automático no es conveniente, por tanto deberemos controlar estos casos con:

□ La instalación de una bobina de mínima tensión para que desconecte la alimentación.

□ La instalación de un temporizador para iniciar el encendido después de un tiempo de enfriamiento de las lámparas para reanudar el proceso de encendido en condiciones favorables.

En el caso de que tengamos unos determinados puntos luz en zonas muy críticas que un fallo de alumbrado puede causar situaciones peligrosas para las personas, es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI, ver capítulo J, apartado 14. “Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)” del 3.er Volumen.

6.1.1.8. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento, recambio de lámparas...).

Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN-C.

■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.

■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno de los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conductor deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados.

Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez

■ En la práctica, uno o dos dispositivos (s) de seccionamiento deben ser previstos:

□ Al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.

□ En el cofre al pie de cada farol.

■ En el último caso el seccionamiento puede ser asegurado:

□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte bipolar.

□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

6.1.1.9. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El proyecto de reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT específica sobre el tema, por que está desarrollado en el Real Decreto 1955\|2000, pero sí que se pueden empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA

REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.
3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalación de alumbrado puede transmitir a la red pública de suministro son: las posibles sobretensiones admosféricas que puede captar la red de alumbrado, los armónicos, una excesiva energía inductiva y las posibles bajadas de tensión producidas por las puntas de arranque.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas
Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.
En un alumbrado público los postes de las luminarias (metálicos), son pararrayos convencionales en potencia y no aislados de las personas.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.

La protección contra las sobretensiones de la red
Estudio según las instrucciones del apartado 6.6.1. “Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger”, página H2/249 del 2.º Volumen.

La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión de las fuentes luminosas de descarga con sus equipos de arranque no es muy elevada, pero un elemento supera el 8% global tolerado en la norma UNE-EN 50160 y alcanza hasta un 36% el armónico H3, cuando sólo está aceptado un 5% y en los demás rangos habituales H5 y H7 no supera los valores tolerados. Deberemos compensar este armónico con un compensador activo SineWave THM.

El ahorro de consumo
La ITC-BT-09 solicita la implantación de técnicas para el ahorro energético:

■ Consumo simplemente cuando la iluminación solar no sea suficiente (células fotoeléctricas).
■ Intensidades lumínicas adecuadas a la función.
■ Reducción de la intensidad lumínica en horas de afluencia reducida en la zona iluminada.
El estudio del control energético y las técnicas que Schneider Electric ofrece las hemos comentado en el capítulo K y por su importancia y extensión han ocupado todo el 4.º Volumen de este manual.

El desfase entre la potencia aparente y la activa
La instrucción ITC-BT-09 solicita una compensación hasta un cos φ de 0,9 como mínimo, a veces difícil de lograr en cada punto luz, por no encontrar en el mercado productos estandarizados que logren este valor, pero no es difícil ajustarse al máximo a la solicitud de la ITC-BT-09 y llegar al valor solicitado con una compensación adicional al total de la instalación.

6.1.1.10. Ejemplo de alumbrado de un espacio exterior

Alumbrado del espacio exterior de una urbanización

Deberemos considerar el alumbrado
■ Del grupo A, que comprende el asfalto de las calles y la zona peatonal.
■ Del grupo B, que comprende la parada de la línea de autobuses, el plano de las calles y parcelas de la urbanización y una cabina de teléfono público.
En el apartado “Potencia alumbrado PA”, página B/39 del 1.er Volumen, se ha realizado una previsión de 56 unidades de puntos luz con lámpara de descarga de vapor de mercurio de 125 W a 230 V, con un alumbrado medio de 25 lux.
En el momento de efectuar el replanteo se ha considerado adecuado situar:
■ En el grupo A:
□ 34 unidades de puntos luz con lámpara de vapor de mercurio de 125 W.
□ 36 unidades de puntos luz con dos lámparas de vapor de mercurio de 125 W.
■ En el grupo B.
□ 10 unidades de puntos luz con tubo fluorescente de 36 W.

El material para el alumbrado
Ver apartado 3.8., página L/163 “Luminarias e instalaciones de alumbrado” de este Volumen.
■ Las dos luminarias son de Clase I con grado de protección correspondiente a una zona urbana residencial IP23.
■ Los báculos son metálicos de hierro galvanizado.
■ La aparamenta se sitúa en un cofret en el interior del báculo de protección IP23.
■ El balasto por sí solo dispone de una protección IP44, por tanto solamente estará situado en el interior del báculo.
La ITC-BT-09 solicita la compensación de los puntos luz a un cos φ = 0,9, las compensaciones normales y por construcción estándar, tanto de los balastos como de los condensadores, generalmente nos permite una compensación a un cos φ = 0,86. La compensación hasta un cos φ = 0,9 la realizaremos en el punto de conexión, con una batería complementaria.

La alimentación
Se realiza en BT desde el centro de transformación que la Cía. suministradora ha dispuesto para el suministro de la urbanización y su entorno con un transformador de 250 kVA a 25 kV/400 V:

■ La tensión de alimentación es de 230/400 V y el régimen de neutro del centro de transformación es el TT.
■ La acometida será subterránea desde el centro de transformación hasta la Caja General de Protección y Medida.
■ La alimentación corresponde al tipo A. Instalación de alumbrado exterior con conexión directa a una red de distribución pública de BT, descrito en la pág. L/262.

El control de las cargas

El control de las cargas del grupo A

Con el fin de ahorrar la máxima cantidad de energía posible escogeremos un control del alumbrado exterior en función de la iluminación solar y con dos niveles de alumbrado en función de los horarios de máxima y mínima utilización.

El control de las cargas del grupo B

El cuadro de control será del tipo correspondiente a pequeñas cargas descritas en el esquema de la Fig. L6.1-018: esquema para las cargas del grupo B de pequeña potencia, página L/280.

Las líneas de alimentación de los puntos luz

Serán subterráneas, con conductores de PVC dentro de tubos de protección a 0,7 m de profundidad y de conformidad a la ITC-BT-07:
■ La temperatura media ambiental del terreno es de 20 ºC a 0,7 m de profundidad, por tanto le corresponde un factor de corrección de la carga de los conductores de 1,05.
■ Los conductos llevarán dos líneas para los dos niveles de alumbrado, juntos y sin separaciones, por tanto le corresponde un factor de corrección de la carga de 0,85.
■ La resistividad térmica del terreno es de 0,9 K·m/W, por tanto le corresponde un factor de corrección de 1,03.

La implantación de los puntos luz, de las líneas, de la acometida y del cuadro general de distribución y control

Fuentes

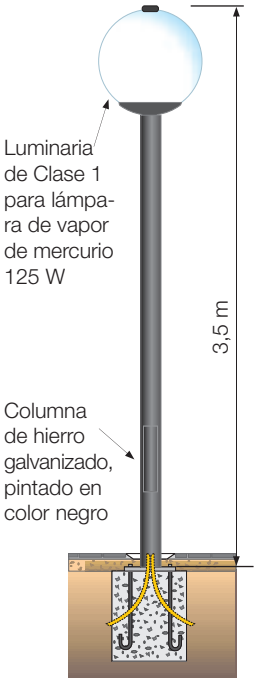
Para el grupo A

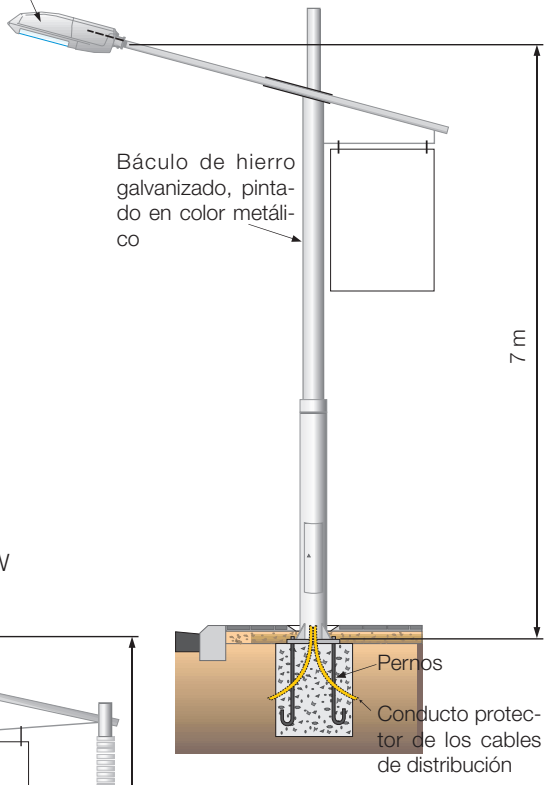
Lámparas de vapor de mercurio + sustancia fluorescente (bion fluorescente):
■ Tipo de lámpara 125 W.
■ Potencia absorbida a 230 V - 141 W.
■ Intensidad con compensación estándar (cos φ = 0,8) 0,7 A.
■ Punta de arranque de 1,7 a 2 In durante intervalos de 3 a 6 minutos.

Para el grupo B

Tubos fluorescentes de 36 W con cebador:
■ Potencia absorbida a 230 V - 45 W.
■ Intensidad con compensación estándar (cos φ = 0,85) 0,24 A.

■ Punto luz simple 125 W.





■ Punto luz doble 2 · 125 W

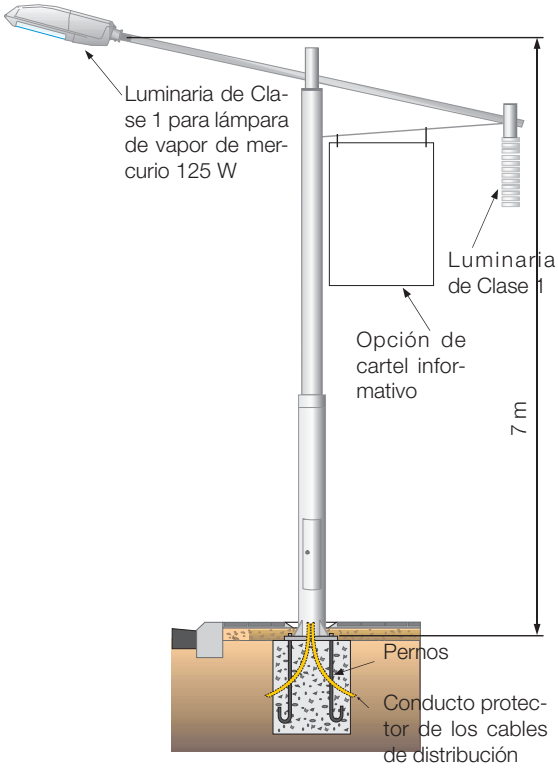
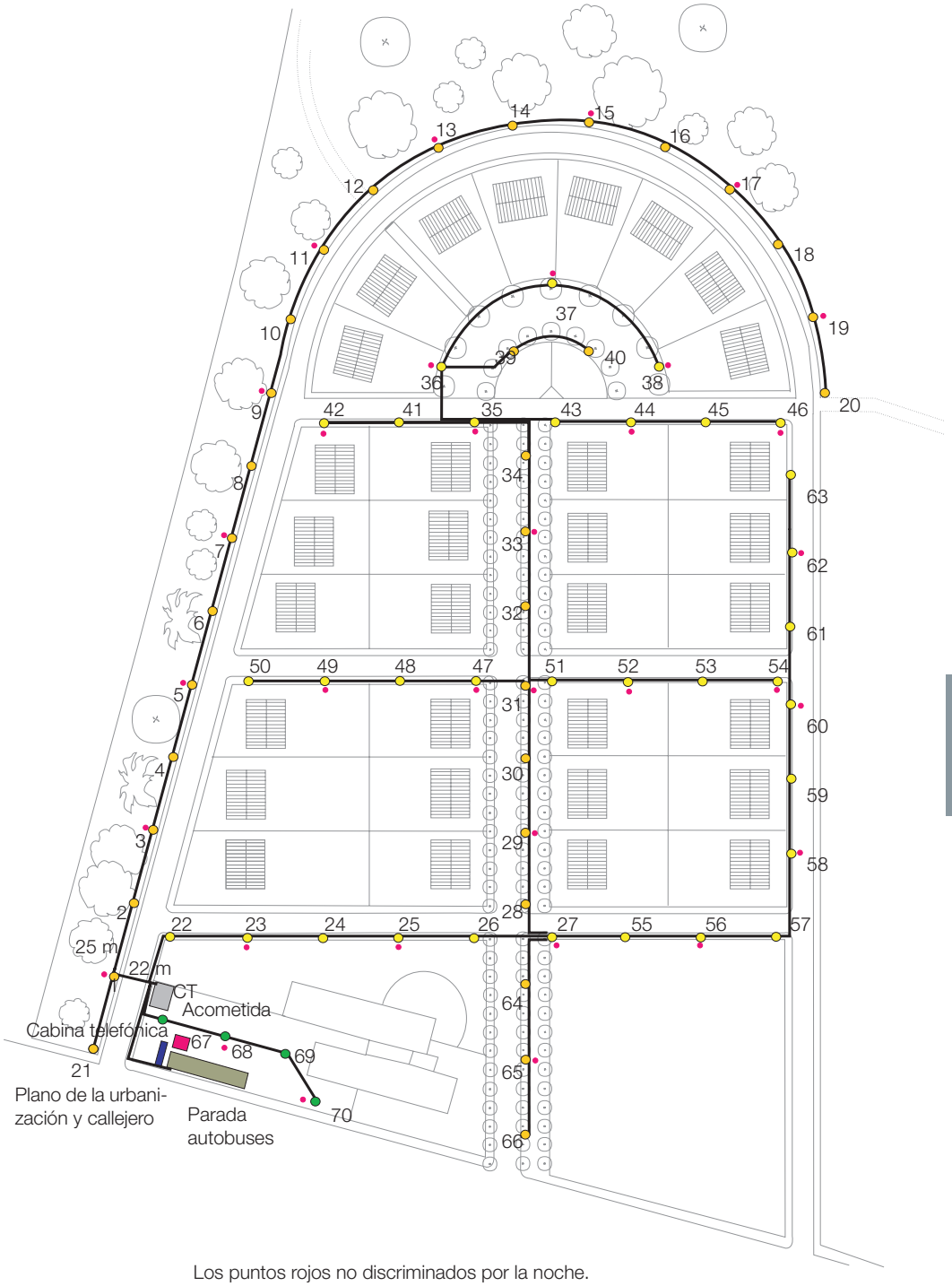


Fig. L6.1-031: *puntos luz de la urbanización.*

Implantación de los puntos luz y líneas en planta



Los puntos rojos no discriminados por la noche.

- Punto luz de una sola lámpara 125 W, con báculo
- Punto luz de una sola lámpara 125 W, con columna
- Punto luz de dos lámparas de 125 W, con báculo y doble brazo

Fig. L6.1-032: *implantación en planta de los puntos luz y las líneas de distribución.*

Esquemas de las líneas de distribución:

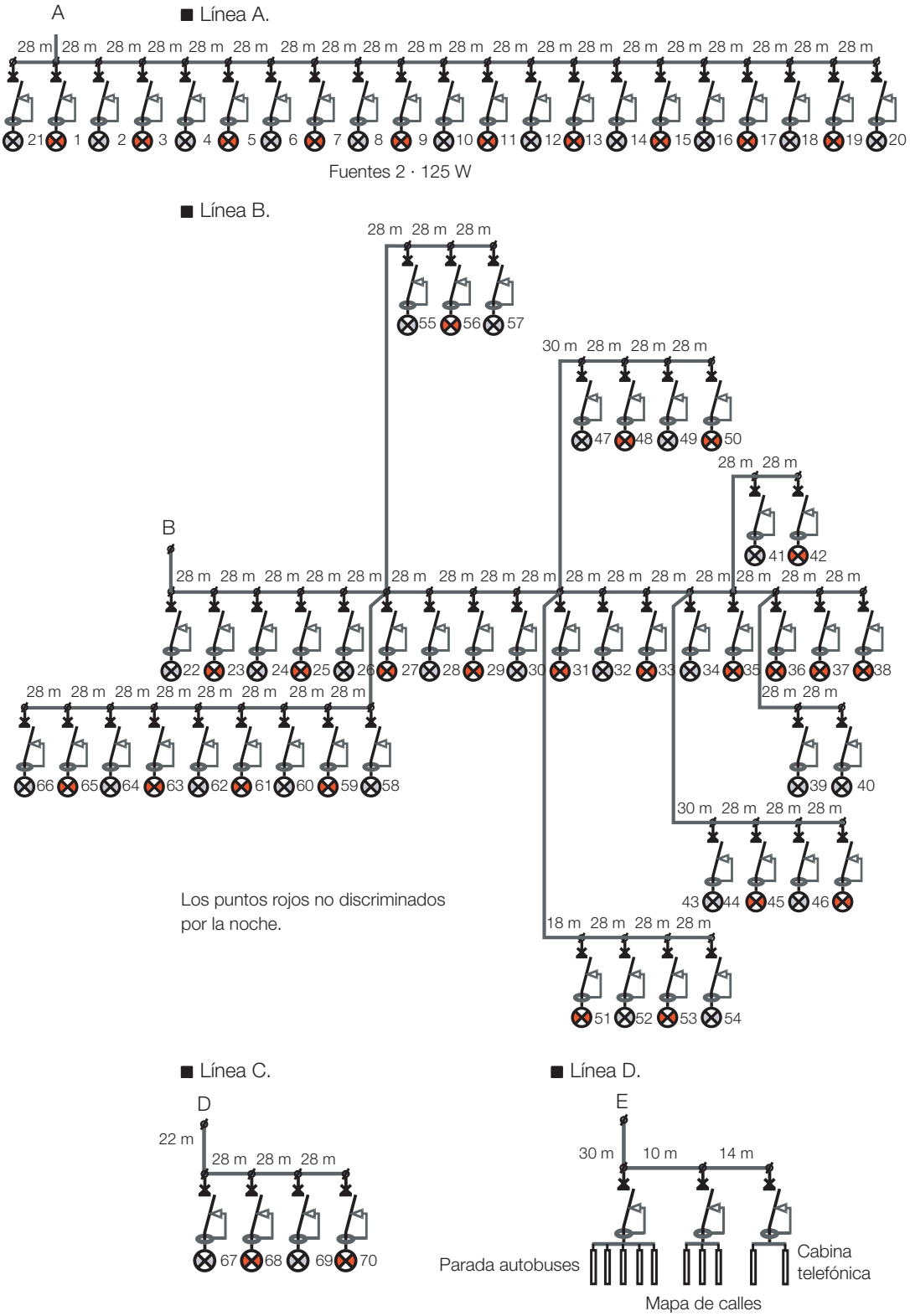


Fig. L6.1-033: *esquemas de distribución.*

Potencia

Potencia instalada

En el grupo A

■ 34 ud. de puntos luz con lámpara de vapor de mercurio de 125 W.
■ 36 ud. de puntos luz con dos lámparas de vapor de mercurio de 125 W.

En el grupo B

■ 10 ud. de puntos luz con tubo fluorescente de 36 W.

Potencia absorbida total

■ 34 ud. de puntos luz: S = 34 · 141 VA = 4.794 VA.
■ 36 ud. de puntos luz: S = 36 · 2 · 141 VA = 10.152 VA.
■ 10 ud. de puntos luz: S = 10 · 45 VA = 450 VA.
Potencia absorbida total: S_A = 4.794 VA + 10.152 VA + 450 VA = 15.396 VA.

Previsión de alumbrado ornamental, en función de las ordenanzas municipales

Puede ser una medida del 30% de la potencia instalada.
K_f = coeficiente de alumbrado ornamental = 1,3.
$S_{TA} = S_A \cdot K_f$ = 15.396 · 1,3 = 20.015 VA.

Factor de potencia

■ Los equipos para lámparas de descarga tienen un cos φ = 0,5 y los de los tubos fluorescentes de 0,6. En función de la relación de potencias podemos considerar un factor de potencia de 0,5.
■ La potencia activa total será: $P_T = S_{TA} \cdot \cos \varphi$ = 20.015 VA · 0,5 = 10.008 W.
■ Los equipos de las lámparas acostumbran a compensar el factor de potencia en las mismas fuentes hasta un factor de potencia de 0,86.
■ La potencia activa para un factor de potencia de 0,86 será:

$P_{T0,86} = S_{TA} \cdot \cos \varphi$ = 20.015 VA · 0,86 = 17.213 W

■ La instrucción ITC-BT-09 considera necesario compensar hasta un factor de potencia de 0,9, puesto que en el mercado es difícil encontrar condensadores para compensar cada punto luz hasta un cos φ de 0,9 como mínimo. La diferencia de 0,86 a 0,9 la podemos compensar con una batería centralizada, cuya potencia según la tabla E5-003 de la página E/49 del 1.er volumen será:
□ Factor de aplicación para pasar de un cos φ de 0,86 a un cos φ de 0,92 será 0,167.
□ Qc(kVAr) = P(kW) · 0,167 = 17.213 W · 0,167 = 2,87 kVAr.

ITC-BT-24

■ En el mercado existen baterías de condensadores Varplus M1 estándar, clase "H" de 2,5 kVAr a 400 V que nos permiten compensar hasta casi un cos φ de 0,92.

La calidad de la energía

La protección contra las sobretensiones atmosféricas

Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.

La protección contra las sobretensiones de la red

Estudio según las instrucciones del apartado "Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger", página H2/249 del 2.º Volumen.

Emplazamiento

■ Zona rural llana.
■ Alimentación en BT, línea subterránea.

Los receptores

Los materiales a proteger son:

- Interruptores automáticos.
- Interruptores a corriente diferencial residual.
- Conductores.
- Reactancias.
- Lámparas de descarga de vapor de mercurio.
- Cebadores.
- Tubos fluorescentes.
- Bornes.

Estudio del riesgo de los receptores

- La sensibilidad de los receptores es poca: S = 2.

Valor según Tabla H2-4-001, página H2/249 del 2.º Volumen.

- El coste de los receptores es mediano: C = 2.

Valor según Tabla H2-4-002, página H2/249 del 2.º Volumen.

- La consecuencia de la indisponibilidad; interrupción parcial: I = 3.

Valor según Tabla H2-4-003, página H2/250 del 2.º Volumen.

- Cálculo del riesgo de los receptores:

$R = S + C + I = 2 + 2 + 3 = 7$

Estudio del riesgo del lugar

- Línea de BT; subterránea: BT = 0.

Valor según Tabla H2-4-006, página H2/251 del 2.º Volumen.

- Línea de MT; subterránea: MT = 0.

Valor según Tabla H2-4-007, página H2/251 del 2.º Volumen.

- Entorno; terreno llano a cielo abierto: d = 0,75.

Valor según Tabla H2-4-008, página H2/251 del 2.º Volumen.

- La densidad de caída de rayos: Ng; zona con un nivel ceráunico >10 (ver Fig. F2-020, página F/52 del 1.er Volumen).

$$Ng = \frac{Nk}{20} = \frac{15}{20} = 0{,}75$$

- Cálculo del riesgo del lugar:

$E = Ng\ (1 + BT + MT + d) = 0{,}75\ (1 + 0 + 0 + 3) = 3$

Elección del pararrayos descargador para BT

- El esquema de unión a la tierra es un TT.
- En la Tabla H2-4-013, página H2/256 del 2.º Volumen, para una R = 7 y E = 3, le corresponde un PF30 tetrapolar para proteger la línea de baja tensión.

Interruptor automático de acompañamiento

La elección del interruptor automático de acompañamiento se efectúa de acuerdo a la Tabla H2-4-014, página H2/256 del 2.º Volumen:

- Para un PF30 le corresponde un C60 - C - 20 A.

La instalación

En una instalación de pararrayos todos los parámetros son importantes y todas las normas y prescripciones de conexionado deben ser atendidas. Ver apartado 4.1. "La instalación de los pararrayos en los cuadros", página H2/260 del 2.º Volumen. La selectividad de las protecciones se impone, el interruptor diferencial de cabecera debe ser un aparato selectivo para evitar las desconexiones intempestivas.

Las verificaciones de base que deben efectuarse son

- Medida de la toma de tierra: < 4 Ω.
- Verificación de la puesta a tierra de todos los aparatos.
- Verificación de la equipotencialidad de todas las masas.

La protección contra los armónicos

Dimensionado del compensador activo

Si compensamos cada punto luz hasta un cos φ de 0,86 la potencia activa circulante será: $P_{T0,86} = S_{TA} \cdot \cos \varphi = 20.015 \text{ VA} \cdot 0,86 = 17.213 \text{ W}$.

La intensidad circulante será:

$$IT_{0,8} = \frac{PT_{0,8}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{17.213 \text{ W}}{1,73 \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,86} = 28,92 \text{ A} \approx 29 \text{ A}$$

La intensidad de armónicos a compensar será:

$I_{THDI} = In \cdot 0,36 = 29 \text{ A} \cdot 0,36 = 10,44 \text{ A}_{TDHI}$

Un compensador activo SineWave THM, modelo SW20 trifásico con neutro, puede compensar todos los armónicos.

Las puntas de arranque

Debemos tener en consideración la potencia total instalada más la posible a instalar por ornamentación:

$S_{TA} = S_A \cdot K_f = 15.396 \cdot 1,3 = 20.015 \text{ VA}$

Si la compensación llega hasta un cos φ de 0,9 por reglamentación, tendremos:

$P_T = S_{TA} \cdot \cos \varphi = 20.015 \text{ VA} \cdot 0,9 = 18.014 \text{ A}$

■ La intensidad será:

$$IT = \frac{PT}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{18.014 \text{ W}}{1,73 \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 28,92 \text{ A} \approx 29 \text{ A}$$

La punta de arranque puede ser del orden de 1,7 a 2 In; si consideramos un valor de 2 In, tendremos: 2 · 29 A = 58 A.
El transformador que se alimenta es de 250 kVA, representa una intensidad de 625 A, la punta del alumbrado es del orden 9,28% la cual no es representativa por ella misma.

La acometida

Cálculo de la acometida para el alumbrado público de una urbanización

Suministro

La empresa suministradora alimenta desde el centro de transformación con una línea subtarránea:
■ Potencia contratada 20 kW.
■ Tensión de suministro 400/230 V.
■ Factor de potencia de la instalación 0,9.

■ Intensidad: $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{20.000 \text{ W}}{1,73 \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 32,113 \text{ A}$

El ICPM, de 40 A

La CGPM (ver el capítulo D del 1.er Volumen):
■ Tipo PL-77T, fig. A, Esquema 1.
■ Los fusibles de la CGP, de 63 A.
■ Situación: intemperie.

Derivación

■ Potencia 20 kW.
■ Distancia punto de conexión CGPM, 12 m.
■ Tensión 400/230 V.
■ Intensidad 40 A.

Línea general de alimentación (ver el capítulo F del 1.er Volumen).

■ Línea subterránea de cobre con aislamiento de PVC, entubada.
■ La temperatura media ambiental del terreno es de 20 ºC a 0,7 m de profundidad, por tanto le corresponde un factor de corrección de a la carga de los conductores de 1,05 (F_T).
■ La conducción llevará una sola línea, por tanto el factor de corrección es 1 (F_n).
■ La resistividad térmica del terreno es de 0,9 K·m/W; por tanto le corresponde un factor de corrección de 1,03 (F_R).
■ La zanja es de una profundidad de 0,7 m, el factor de corrección por profundidad de la zanja es de 1 (F_p).
■ Sección del conductor tetrapolar 6 mm^2 de Cu-PVC.
■ La intensidad que puede soportar permanentemente es:

$K = (F_T) \cdot (F_n) \cdot (F_R) \cdot (F_p)$.
$I = 56\ A \cdot (F_T) \cdot (F_n) \cdot (F_R) \cdot (F_p) = 56\ A \cdot 1{,}05 \cdot 1 \cdot 1{,}03 \cdot 1 = 60{,}564\ A$.

La instrucción ITC-BT-13 “Línea general de alimentación” no contempla una sección de 6,3 mm^2; la menor de las secciones es de 4 · 10 mm^2 en cobre.
Por tanto debemos aplicar una sección de 4 · 10 mm^2 en cobre.
■ Tubo de la conducción subterránea de la línea de alimentación.
El diámetro mínimo, según la Tabla 5 de la instrucción ITC-BT-21 es de 32 mm.
Las características para el enterrado de este tubo deben ser:
□ Resistencia a la compresión - 450 N.
□ Resistencia al impacto - normal.
□ Resistencia de curvado - 2.
□ Resistencia a la penetración de objetos sólidos - 4 (corresponde a un IP4x).
□ Resistencia a la penetración de agua - 3 (corresponde a un IPx3).
□ Resistencia a la corrosión en tubos metálicos y compuestos - 2.
■ Caja de protección y contaje PL-77 (Fig. D3-027, página D/64 y Fig. D3-038, página D/69 del 1.er Volumen.

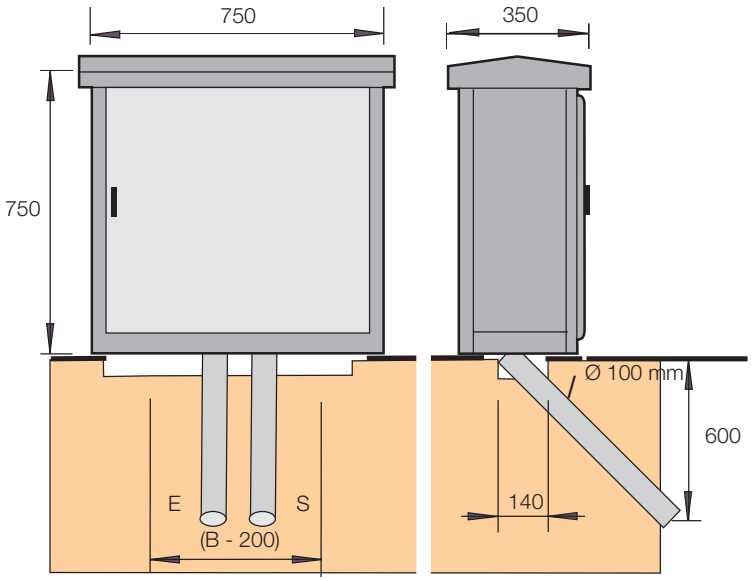


Fig. L6.1-034: *caja general de protección y medida.*

La caja general de protección y mando debe cumplir las prescripciones de la ITC-BT-13 y las prescripciones de la Cía. suministradora.
En el capítulo D del 1.er Volumen encontrarán todas las soluciones estandarizadas por las Cías. suministradoras de todo el estado español.

Cuadro general de protección, control y distribución

Esquema

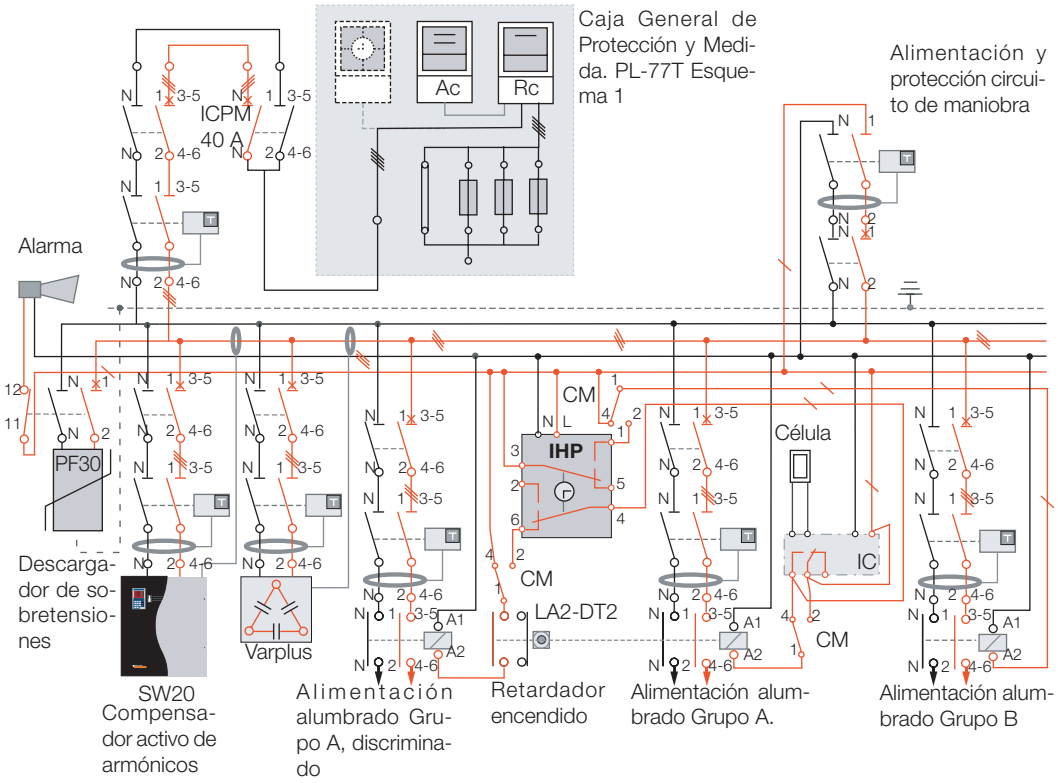


Fig. L6.1-035: *esquema del cuadro general y la acometida.*

Línea general de alimentación

Desde la caja general de protección y medida una derivación de 12 m de conductor tetrapolar de 4 · 10 mm² entubado alimenta el Cuadro General de Protección y Mando (CGPM), embornado en el Interruptor de Control de Potencia Magnetotérmico (ICPM).

Interruptor de Control de Potencia Magnetotérmico (ICPM)

Interruptor de 40 A en una caja propia precintable, que permita la manipulación desde el exterior de la caja.

Protección contra las sobreintensidades

Interruptor general magnetotérmico tripolar + N, tipo C60N de 6 kA (UNE-EN 69898) de 40 A, curva D.

Protección general contra contactos indirectos

Bloque diferencial Vigi C60 tetrapolar tipo S clase A de $I_{\Delta n}$ = 1 A para intensidades de 40 A.

Protección individual de cada punto luz contra las sobreintensidades y los contactos indirectos

Interruptor automático diferencial DNP Vigi, según UNE-EN 60898/EN 61009 de 4,5 kA curva C, 30 mA:

Protección contra las sobretensiones

■ Interruptor automático de protección del descargador de sobretensiones, tipo C60H tetrapolar de 20 A, 10 kA, curva C, con un contacto auxiliar "OF" cerrado a la desconexión del interruptor automático, para la alimentación de una señal acústica que indique el fin de vida del descargador de sobretensiones.

El interruptor automático C60H de 20 A curva C, es selectivo con el interruptor general C60N de 40 A curva D (ver Tabla de la página 2/67 de la Guía técnica de la distribución eléctrica en baja tensión, enero de 2002).

■ Limitador de sobretrensiones PF30.

■ Zumbador RO.

Compensación del factor de potencia

■ Una bateria Varplus para llegar a la compensación de un cos φ de 0,9, exigido por la ITC-BT-09, partiendo de la compensación individual de cada punto luz de un cos φ de 0,86.

■ Protección contra las sobreintensidades: interruptor general magnetotérmico tetrapolar, tipo C60N de 6 kA (UNE-EN 69898) de 10 A, curva C.

■ Protección contra contactos indirectos: bloque diferencial Vigi C60 tripolar, clase A de 300 mA para intensidades de 25 A.

Compensación de los armónicos

■ Compensación de lo armónicos generados por los puntoz luz con un compensador activo Sine Wave S-20.

■ Protección contra las sobreintensidades: interruptor general magnetotérmico tetrapolar, tipo C60N de 6 kA (UNE-EN 69898) de 20 A, curva C.

■ Protección contra contactos indirectos: bloque diferencial Vigi C60 tripolar, clase A de 300 mA para intensidades de 25 A.

Derivación para la maniobra

■ Protección contra sobreintensidades: interruptor automático magnetotérmico unipolar + neutro C60N de 6 A, curva C (ver Fig. H2-4-046, página H2/295 del 2.º Volumen), de 6 kA (UNE-EN 69898),

■ Protección contra contactos indirtectos: bloque diferencial Vigi, 2 polos, de 30 mA, clase A, para la alimentación del circuito de maniobra.

Circuito de maniobra

■ Relé IC con célula fotoeléctrica para la detección de la falta o suficiencia de alumbrado solar, para delimitar a partir de un nivel de iluminación determinado el encendido o apagado de los circuitos de alumbrado del grupo A.

■ Interruptor horario IHP para discriminar el encendido del alumbrado del grupo B a un horario determinado y desconectar la mitad del encendido del alumbrado del grupo A a partir de una hora en que la circulación es muy reducida, quedando un alumbrado de orientación.

■ Temporizador ACTt tipo A para retardar la conexión de la segunda derivación de la alimentación del alumbrado del grupo A, con el fin de limitar a la mitad las puntas de arranque de las lámparas.

■ Conmutadores de la maniobra para accionamiento manual tipo CM unipolar de dos posiciones, según prescripción de la ITC-BT-09-4.

Alimentación del alumbrado del grupo A

La alimentación se realiza por medio de dos secciones, para poder realizar la discriminación, de la mitad del alumbrado, a partir de una hora determinada, y para poder repartir en dos secciones las fugas permanentes:

■ La protección contra las sobreintensidades en cada ramal: interruptor magnetotérmico tripolar + N, tipo C60N de 6 kA (UNE-EN 69898) de 20 A, curva C.

■ Mando a distancia: un contactor tetrapolar ANC de 25 A, 230/400 V.

Alimentación del alumbrado del grupo B

■ La protección contra las sobreintensidades en cada ramal: interruptor magnetotérmico unipolar + N, tipo C60N de 6 kA (UNE-EN 69898) de 16 A, curva C.

■ La protección contra los contactos indirectos: bloque diferencial Vigi C60 bipolar de clase A de 30 mA para intensidades de 25 A.

■ La maniobra automática: el mando a distancia se realiza por medio de un contactor tetrapolar ANC de 25 A, 230/400 V, recibiendo la orden desde el interruptor horario.

Caída de tensión de la acometida

■ La acometida corresponde a un conductor de 4 · 10 mm^2 de sección y una longitud de 12 m.

■ La caída de tensión:

$$\Delta U = Z \cdot I \cong R \cdot I = \rho \frac{L\,(m)}{S\,(mm^2)} \cdot I\,(A) = 0{,}0225 \cdot \frac{12\ m}{10\ mm^2} \cdot 32{,}113\ A = 0{,}867\ V$$

$$\text{En tanto por cien: } \Delta U\% = \frac{\Delta U \cdot 100}{U} = \frac{0{,}867\ V \cdot 100}{400\ V} = 0{,}217\%$$

Este valor del ΔU = 0,217% es menor al fijado en la instrucción ITC-BT-14 de un 0,5%.

Cálculo de la sección de las líneas de distribución

Todas las líneas dispondrán de dos conductores tetrapolares, alimentando alternativamente los puntos luz para lograr dos niveles de alumbrado, el normal y uno más reducido para las horas de menor circulación.

Potencia de los puntos luz

■ Existen puntos luz con dos lámparas de vapor de mercurio de 125 W, con una potencia absorbida de 141 VA a 230 V y compensados hasta un factor de potencia de 0,86, consumiendo una intensidad de 0,7 A.

■ Para facilitar los cálculos consideraremos las cargas como si fueran trifásicas, puesto que cada tres lámparas representan una carga trifásica equilibrada; circulando solo por el conductor neutro los armónicos y las intensidades de equilibrio.

■ Punto luz de una lámpara:

□ Potencia absorbida: S = 141 VA.

□ Potencia activa con cos φ = 0,86 será: P = S · cos φ = 141 VA · 0,86 = 122 W.

□ La intensidad, considerada como carga trifásica, será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{122\ W}{1{,}73 \cdot 400\ V \cdot 0{,}86} \cong 0{,}21\ A$$

■ Punto luz de dos lámparas:

□ Potencia absorbida: S = 2 ·141 VA = 242 VA.

□ Potencia activa con cos φ = 0,86 será: P = 2 · S · cos φ = 2 · 141 VA · 0,86 = 244 W.

□ La intensidad, considerada como carga trifásica, será: I = 2 · 0,205 A = 0,41 A.

Sección de los conductores

Según la ITC-BT-07, tabla 5, la sección mínima a instalar en redes subterráneas, con conductores de cobre, es de 6 mm^2:

■ Línea subterránea de cobre con aislamiento de PVC, entubada.

■ La temperatura media ambiental del terreno es de 20 ºC a 0,7 m de profundidad, por tanto le corresponde un factor de corrección, a la carga de los conductores, de 1,05 (F_T), Tabla F7-055, página F/193 del 1.er Volumen.

■ La conducción llevará una sola línea; por tanto el factor de corrección, por agrupación de circuitos, es 1 (F_n).

■ La resistividad térmica del terreno es de 0,9 K·m/W; por tanto le corresponde un factor de corrección de 1,03 (F_R), Tabla F7-056, página F/193 del 1.er Volumen.

■ La zanja es de una profundidad de 0,7 m, el factor de corrección, por profundidad de la zanja, es de 1 (F_p), Tabla F7-058, página F/194 del 1.er Volumen.

■ Sección del conductor tetrapolar 6 mm^2 de Cu-PVC; según la Tabla F7-054, página F/192.

■ Por ejemplo, la intensidad que puede soportar permanentemente un conductor de 6 mm^2 tetrapolar es:

□ Coeficiente en función del entorno $K = (F_T) \cdot (F_n) \cdot (F_R) \cdot (F_p)$.

□ $I = 56\ A \cdot (F_T) \cdot (F_n) \cdot (F_R) \cdot (F_p) = 56\ A \cdot 1{,}05 \cdot 1 \cdot 1{,}03 \cdot 1 = 60{,}564\ A$.

■ Tubo de la conducción subterránea:

□ El diámetro exterior, según la Tabla 9 de la instrucción ITC-BT-21 es de 50 mm.

□ Las características para el enterrado de este tubo deben ser:

– Resistencia a la compresión - 450 N.
– Resistencia al impacto - normal.
– Resistencia de curvado - 2.
– Resistencia a la penetración de objetos sólidos - 4 (corresponde a un IP4X).
– Ressitencia a la penetración de agua - 3 (corresponde a un IPX3).
– Resistencia a la corrosión en tubos metálicos y compuestos - 2.

L
6.1

Caída de tensión de la línea de distribución

Al considerar las cargas trifásicas la caída de tensión la calcularemos mediante el proceso siguiente: $\Delta U = Z \cdot I \cong R \cdot I = \rho \frac{L}{S} \cdot I$

En realidad, hasta secciones de 80 mm^2 en conductores trifásicos o tetrapolares, el valor de la reactancia es tan pequeño que no representa un valor absoluto considerable y se desprecia (es del orden de 0,00008 Ω/m, a una longitud de 10.000 m tendríamos una reactancia de 0,8 Ω).

Siendo:

■ ρ - la resistividad, que para el cálculo de la caída de tensión debemos considerar los conductores calientes y por tanto no podemos aplicar los valores de la resistividad a 20 ºC. Convencionalmente se considera adecuado un incremento del 25% a la resistividad en el cálculo de la caída de tensión:

□ 0,0225 para los conductores de cobre.

□ 0,036 para los conductores de aluminio.

■ L - la longitud del conductor en el tramo considerado en m.

■ S - la sección del conductor aplicada en mm^2.

■ I - la intensidad circulante en una fase.

La ITC-BT-09 prescribe que la caída de tensión total desde el origen de la instalación será del 3%: 3% de 230 V = 6,9 V. En los valores tabulados en la Tabla L6.1-034 de la página L/306, el punto con más caída de tensión es el correspondiente al punto de luz n.º 38, con 6,25 V desde los bornes del transformador donde conecta la acometida, por tanto cumple correctamente con la instrucción.

Corriente de cortocircuito

Impedancia a bornes del transformador

La energía salida de los generadores tiene la dificultad para trasladarse de la

propia impedancia de la red de AT y la de los transformadores. Hoy en día, en que la red es una malla interconectada, mantiene prácticamente en todos sus puntos una potencia de cortocircuito fija (Pcc = 500 MVA), pero su influencia es mínima comparada con la propia de los transformadores y si la despreciamos el error cometido es menor del 5%. En la Tabla L6.1-001, página L/267, damos valores de intensidad de cortocircuito a los bornes de baja de un transformador, para facilitar los cálculos.

■ La intensidad de cortocircuito expresada podemos considerarla como:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_a + Z_T)} = 8{,}7 \text{ kA} = \frac{410 \text{ V}}{1{,}73 \cdot Z}$$

Donde:

Icc: es la intensidad de cortocircuito de la tabla.

U: es la tensión a los bornes de BT del transformador en vacío (con la referencia en vació quiero expresar el hecho de que si hemos incrementado la tensión de salida en los bornes de un transformador, en un tanto por ciento tolerable, para mantener un valor medio próximo al nominal, debemos considerar esta tensión, por ejemplo en vez de 400 V 410 V).

Z_a: es la impedancia de la red de AT.

Z_T: es la impedancia del transformador.

■ La impedancia hasta los bornes del transformador a considerar será:

$$Z = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Icc} = \frac{410 \text{ V}}{1{,}73 \cdot 8.700 \text{ A}} = 0{,}02724 \ \Omega$$

Si incrementamos a esta impedancia la propia del tramo de conducción, tendremos la intensidad de cortocircuito en cada punto luz, para poder dimensionar las protecciones propias de cada uno.

■ Impedancia del tramo de la línea general de alimentación.

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0{,}0225 \ \frac{12 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0{,}027 \ \Omega$$

Intensidad de cortocircuito en cada punto de la instalación

La intensidad de cortocircuito correspondiente en cada punto será la que se derive al incrementar la impedancia del origen con la impedancia del tramo:

$$I_{CC} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z + Z_x)} = \frac{U}{1{,}73 \cdot (0{,}02754 + Z_x)}$$

Los valores correspondientes a cada punto están relacionados en la Tabla L6.1-037 de la página L/315. La aparamenta situada en el Cuadro General de Protección y Mando, deberá ser de la intensidad de cortocircuito correspondiente al final de la Línea General de Alimentación I_{cc} = 4,39 kA - 4,5 kA.

Las protecciones con interruptores magnetotérmicos de los puntos luz deberán ser de 3 kA puesto que en el punto de luz más próximo al CGPM, n.º 1 tenemos una I_{cc} de 1,45 kA.

Protecciones contra los contactos directos e indirectos

Utilizaremos dos protecciones:

■ El doble aislamiento hasta los bornes de entrada de los interruptores automáticos de corte de la alimentación.

■ Interruptores automáticos a corriente diferencial residual, para los generales del tipo [S] selectivos e individuales para cada punto luz.

Los cálculos correspondientes al valor y duración de la tensión de contacto se realizarán conforme a la UNE 20572-1 tal como prescribe la ITC-BT-24 y limita al valor de tensión de contacto de 24 V la ITC-BT-09.

Protección de doble aislamiento contra los contactos directos

■ Situaremos el material en un armario de poliéster de IP55 según la instrucción ITC-BT-09.

■ El compensador activo SW20, por ser un material que necesita mucha ventilación, lo colocaremos en la parte superior derecha.
■ La batería Varplus a la parte superior izquierda.
■ El material de carril DIN en dos hileras, teniendo la precaución de situar el descargador de sobretensiones PF30 a la derecha de la hilera y el borne general de toma de tierra debajo de él (ver soluciones de conexionado en la página H2/274 del 2.º Volumen).
■ Debemos tener en consideración el hecho de que al abrir la puerta del armario todas las partes en tensión, bornes, conexiones, conductores..., deben quedar protegidas por una tapa aislante y solamente deben quedar accesibles las manecillas de maniobra.

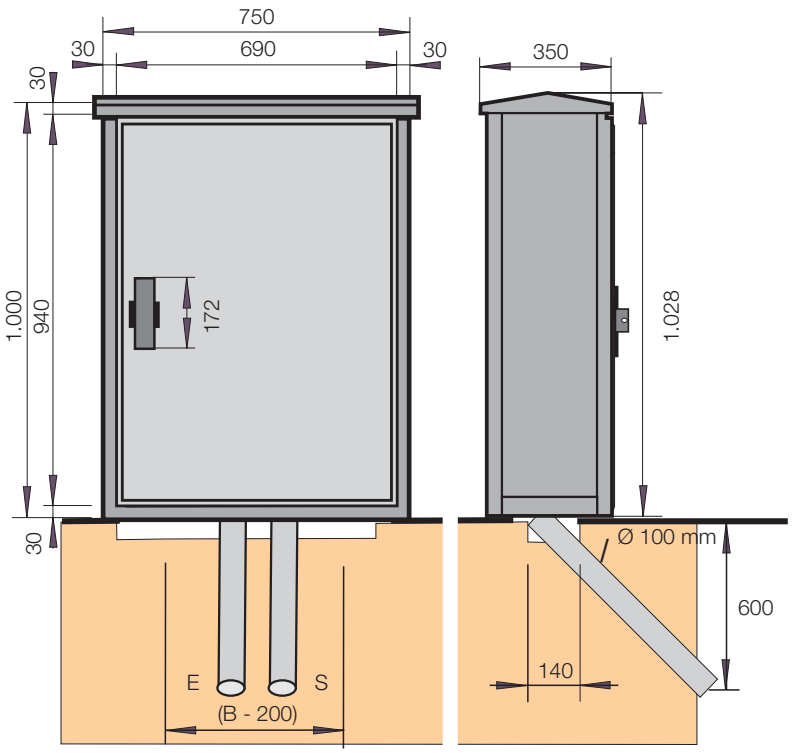


Fig. L6.1-036: *cuadro general de protección y maniobra del alumbrado público.*

Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos

El cálculo de la puesta a tierra se debe dimensionar para poder cumplir las condiciones BB2 (tensión de contacto 24 V).
En un régimen TT la protección la realizaremos con interruptores diferenciales selectivos en cabecera y de alta sensibilidad, $I_{\Delta n} \leqslant 30$ mA en los puntos luz.
Podríamos realizar la protección en los puntos luz con doble aislamiento pero la instalación sería mucho más costosa. Las dos soluciones son las prescritas por la ITC-BT-09. Los interruptores diferenciales de alta sensibilidad desconectan en un tiempo máximo de 300 ms, según prescripciones de la normativa de construcción (ver Tabla G3-006, página G/64 del 2.º Volumen).

Tensión de contacto U_c

En el ábaco de la Fig. G1-015, pág. G/40 del 2.º Volumen, podemos encontrar la relación de la tensión real de contacto U_c, en función de la tensión de contacto prescrita en zonas BB2 - 24 V, con el tiempo máximo de desconexión del interruptor diferencial a instalar (a $I_{\Delta n}$), para que no permita circular una intensidad capaz de provocar algún efecto fisiológico al cuerpo humano, segun los ábacos de las Figs. G1-011 y G1-013, página G/38 del 2.º Volumen.

En el caso que nos ocupa, para un tiempo de desconexión del diferencia a $I_{\Delta n}$ de 300 ms le corresponde una tensión máxima, para un nivel BB2 - 24 V, de U_c = 60 V. La resistencia de puesta a tierra del centro de transformación, según información de la empresa suministradora es de: R_B = 10 Ω.

¿Cuál ha de ser la resistencia de puesta a tierra de la instalación RA?
A partir de estos datos podemos calcular la resistencia de puesta a tierra del alumbrado público y desde ella toda su configuración:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B}$$

$$U_c = R_A \cdot I_d = R_A \cdot \frac{U_0}{R_A + R_B} = 60 \text{ V}$$

$$R_A = \frac{R_B}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10\ \Omega}{\frac{230 \text{ V}}{60 \text{ V}} - 1} = 3{,}529\ \Omega$$

■ La resistencia total de puesta a tierra.
A la resistencia de contacto a tierra debemos añadirle la resistencia de la línea de unión al báculo o brazo y la del cuadro a la toma de tierra.

¿Qué estructura debe tener la puesta a tierra si las mediciones del terreno nos dan una resistividad de 500 Ω/m?
■ En el capítulo F, apartado 5, página F/97 del 1.er Volumen, podemos encontrar la forma de calcular una toma de tierra longitudinal siguiendo la zanja, para los cables de alimentación del alumbrado.
Según la instrucción ITC-BT-09, será adecuado un cable trenzado de cobre de 35 mm^2, el cual debemos embornar o soldar a cada punto luz y al cuadro general y colocar una piqueta cada cinco puntos luz y una al inicio y final de cada ramal.

Resistividad del terreno
El terreno está formado en parte por margas y arcillas compactas y zonas con arena arcillosa, según la ITC-BT-18 la resistencia del terreno puede ser de 50 a 500 Ω/m. Deberá realizarse la medición de la resistencia del terreno pero en un principio podemos considerar unos 500 Ω/m para realizar los cálculos previos.

La longitud del circuito
■ Línea A: 20 espacios de 25 m y 1 de 22 m = 522 m.
■ Línea B: 44 espacios de 25 m = 1.100 m.
■ Línea C: 04 espacios de 25 m = 100 m.
■ Total = 522 m + 1.100 m + 100 m = 1.722 m.

Número de piquetas a colocar por prescripción de la ITC-BT-18
■ Línea A: 5 ud.
■ Línea B: 13 ud.
■ Línea C: 2 ud.

Resistencia de la puesta a tierra

■ Resistencia del conductor: $R_C = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{500\ \Omega/\text{m}}{1.722 \text{ m}} = 0{,}58\ \Omega$.
ρ = resistividad del terreno = 500 Ω/m.
L = longitud del conductor = 1.722 m.

■ Resistencia de las piquetas: $R_P = \frac{\rho}{nL} = \frac{500\ \Omega/\text{m}}{20 \text{ ud.} \cdot 1 \text{ m}} = 25\ \Omega$.
ρ = resistividad del terreno = 500 Ω/m.
n = número de piquetas = 20 ud.
L = longitud de la piqueta = 1 m.

■ La conductancia del conductor y las piquetas es:

$$C_A = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_P} = \frac{1}{0{,}58\ \Omega} + \frac{1}{25\ \Omega} = 1{,}764$$

■ La resistencia del conjunto de las piquetas y el conductor es de:

$$R_A = \frac{1}{C_A} + \frac{1}{1{,}764} = 0{,}567\ \Omega$$

■ Resistencia de la unión de la toma al CGBT.

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{2\ m}{35\ mm^2} = 0{,}001\ \Omega$$

L = 2 m.
S = 35 mm^2 (Cu).
Resistencia R_1.

■ Resistencia de la derivación a cada punto luz:

$$R_2 = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{2\ m}{16\ mm^2} = 0{,}002\ \Omega$$

L = 2 m.
S = 16 mm^2 Cu).
Resistencia R_2.

■ Resistencia total de la puesta a tierra de un punto luz será:
$R_{AT} = R_A + R_1 + R_2 = 0{,}567\ \Omega + 0{,}001\ \Omega + 0{,}002\ \Omega = 0{,}57\ \Omega$

La intensidad de fuga será

$$Id = \frac{U_0}{R_{AT} + R_B} = \frac{230\ V}{0{,}57\ \Omega + 10\ \Omega} = 21{,}76\ A$$

El tiempo de desconexión será

■ Para un aparato de 30 mA: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}76\ A}{0{,}03\ A} = 725$ veces $I_{\Delta n}$.

Las 725 veces $I_{\Delta n}$ son superiores a las 5 $I_{\Delta n}$, por tanto el tiempo de desconexión será como máximo de 40 ms.

■ Para un aparato tipo S de 300 mA: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}76\ A}{0{,}3\ A} = 72$ veces $I_{\Delta n}$.

Las 72 veces $I_{\Delta n}$ son superiores a las 5 $I_{\Delta n}$, por tanto el tiempo de desconexión será como máximo de 150 ms.

■ Para un aparato tipo S de 1 A: $\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{21{,}76\ A}{1\ A} = 21$ veces $I_{\Delta n}$.

Las 43 veces $I_{\Delta n}$ son superiores a las 5 $I_{\Delta n}$, por tanto el tiempo de desconexión será como máximo de 150 ms. Estos tiempos son menores a los 300 ms necesarios para no causar un daño fisiológico a una persona.
Al tener que realizar una puesta a tierra mínima según las instrucciones de la ITC-BT-09, con la resistividad del terreno favorable nos dan unos valores muy holgados. Esta situación se repetirá en los alumbrados exteriores de grandes longitudes y terrenos que se comporten como buenos conductores.

La tensión de contacto será
$U_c = R_{TA} \cdot I_d = 0{,}57\ \Omega \cdot 21{,}76\ A = 38{,}18\ V$

Las pérdidas permanentes

(ver apartado “Corrientes de fuga permanentes”, página G/214 del 2.º Volumen).
■ Las pérdidas permanentes por la red. Podemos considerar 1,5 mA/100 m.

$$I_{d(línea)} = \frac{1{,}5\ mA}{100\ m} \cdot 1.1722\ m = 25{,}83\ mA$$

■ Las pérdidas permanentes por los equipos de reactancia lámpara, podemos considerar 2,5 mA punto luz. $P_{(permanentes)} = 2{,}5\ mA \cdot 116$ ud. = 290 mA.

■ Las perdidas permanentes totales:

$P_{(permanentes)} = 25{,}83\ mA \cdot 290\ mA = 290\ mA \cong 316\ mA$

■ Los interruptores diferenciales no pueden tener unas fugas permanentes iguales a la mitad de su corriente de fuga nominal.

Cuadro de las tabulaciones de los cálculos de las líneas de distribución

P	L	Potencia		Intensidad		S	In	K	I	Impedancia		ΔV		Icc
			Total			Total					Total		Total	
N.º	m	W	W	A	A	mm²	A		A	Ω	Ω	V	V	kA
Impedancia a bornes del transformador											0,027			8,7
Línea general de alimentación														
	12		20.000		32,11	10	75	1,08	81,00	0,027	0,054	0,87		4,39
Línea A														
19		244		0,41						0,21	2,054	0,08	5,6	0,12
17	56	244	448	0,41	0,82	6	56	1,08	60,56	0,21	1,844	0,17	5,52	0,13
15	56	244	732	0,41	1,23	6	56	1,08	60,56	0,21	1,634	0,26	5,35	0,15
13	56	244	976	0,41	1,64	6	56	1,08	60,56	0,21	1,424	0,35	5,09	0,17
11	56	244	1.220	0,41	2,05	6	56	1,08	60,56	0,21	1,214	0,43	4,74	0,2
9	56	244	1.464	0,41	2,46	6	56	1,08	60,56	0,21	1,004	0,52	4,31	0,24
7	56	244	1.708	0,41	2,87	6	56	1,08	60,56	0,21	0,794	0,60	3,79	0,3
5	56	244	1.952	0,41	3,28	6	56	1,08	60,56	0,21	0,584	0,69	3,19	0,4
3	56	244	2.196	0,41	3,69	6	56	1,08	60,56	0,21	0,374	0,77	2,5	0,63
1	56	244	2.440	0,41	4,10	6	56	1,08	60,56	0,11	0,164	0,86	1,73	1,45
A	28		2.440		4,10							0,87		
Impedancia arrastrada											0,054			4,39
Línea B														
38		122		0,21						0,11	1,984	0,02	6,25	0,12
37	28	122	244	0,21	0,42	6	56	1,08	60,56	0,11	1,874	0,05	6,23	0,13
36	28	122	366	0,21	0,63	6	56	1,08	60,56	0,21	1,764	0,13	6,17	0,13
43	56	366	732	0,62	1,25	6	56	1,08	60,56	0,21	1,554	0,26	6,05	0,15
33	56	244	976	0,41	1,66	6	56	1,08	60,56	0,21	1,344	0,35	5,79	0,18
31	56	732	1.708	1,23	2,89	6	56	1,08	60,56	0,21	1,134	0,61	5,44	0,21
29	56	244	1.952	0,41	3,3	6	56	1,08	60,56	0,21	0,924	0,69	4,83	0,26
27	56	854	2.806	1,43	4,73	6	56	1,08	60,56	0,21	0,714	0,99	4,14	0,33
25	56	122	2.928	0,21	4,94	6	56	1,08	60,56	0,21	0,504	1,04	5,15	0,47
23	56	122	3.050	0,21	5,15	6	56	1,08	60,56	0,24	0,294	1,24	2,11	0,81
B	64											0,87		
Impedancia arrastrada											0,054			4,39
41		122		0,21	0,21	6	56	1,08	60,56	0,21	1,764	0,05	6,1	0,13
43	56										1,554		6,05	0,15
45		122		0,21	0,21	6	56	1,08	60,56	0,21	1,764	0,05	6,1	0,13
43	56										1,554		6,05	0,15
49		122		0,21		6	56	1,08	60,56	0,21	1,554	0,05	5,68	0,15
47	56	122		0,21	0,42	6	56	1,08	60,56	0,21	1,344	0,09	5,63	0,18
31	56										1,134		5,44	0,21
54		122		0,21		6	56	1,08	60,56	0,21	1,544	0,05	5,68	0,15
52	56	122		0,21	0,42	6	56	1,08	60,56	0,21	1,344	0,09	5,63	0,18
31	56										1,134		5,54	0,21
62		122		0,21		6	56	1,08	60,56	0,21	1,554	0,05	4,59	0,15
60	56	122		0,21	0,42	6	56	1,08	60,56	0,21	1,344	0,09	4,54	0,18
58	56	122		0,21	0,63	6	56	1,08	60,56	0,21	1,134	0,13	4,45	0,21
56	56	122		0,21	0,84	6	56	1,08	60,56	0,21	0,924	0,18	4,32	0,26
27	56										0,714		4,14	0,33
65	56	244		0,41		6	56	1,08	60,56	0,21	0,924	0,09	4,23	0,26
27											0,714		4,14	0,33

Tabla L6.1-037: *valores de los cálculos de las líneas de distribución.*

Es aconsejable que no excedan de 1/3 del valor nominal de fuga, para que las puntas de fuga a la conexión no precipiten una desconexión no deseada.

Elección del material

Grupo A

■ Protección en los puntos luz.
Interruptor diferencial ID según UNE-EN 61008, Clase AC de 30 mA protegido contra disparos intempestivos, bipolar.
■ Protección en un ramal.
Bloque diferencial Vigi tipo S selectivo de 300 mA, clase AC, tetrapolar.

Grupo B

■ Protección directa del mobiliario urbano. Interruptor diferencial ID según UNE-EN 61008, Clase AC de 30 mA protegido contra disparos intempestivos, bipolar.
■ Protección del ramal.
Bloque diferencial Vigi tipo S selectivo de 300 mA, clase AC, tetrapolar.

Protección general

Bloque diferencial Vigi tipo S selectivo de 1 A, clase AC, tetrapolar.

Comprobación de las protecciones con los ábacos de la UNE 20572-1 (ver Fig. G1-011, página G/38)

Una persona que tocara un punto luz con una fuga estaría en paralelo con la resistencia de puesta a tierra. La intensidad de fuga (I_d) se repartiria inversamente proporcional a la resistencia del cuerpo humano y la tierra. En nuestro caso: la R_{AT} = 10,57 Ω y la resistencia del cuerpo humano se considera por la IEC 1.000 Ω.

La intensidad a circular por el cuerpo humano sería

$$I_h = \frac{I_d \cdot \frac{1}{R_h}}{\frac{1}{R_{AT}} + \frac{1}{R_h}} = \frac{21{,}76\ A \cdot \frac{1}{1.000\ \Omega}}{\frac{1}{10{,}57\ \Omega} + \frac{1}{1.000\ \Omega}} = 0{,}228\ A$$

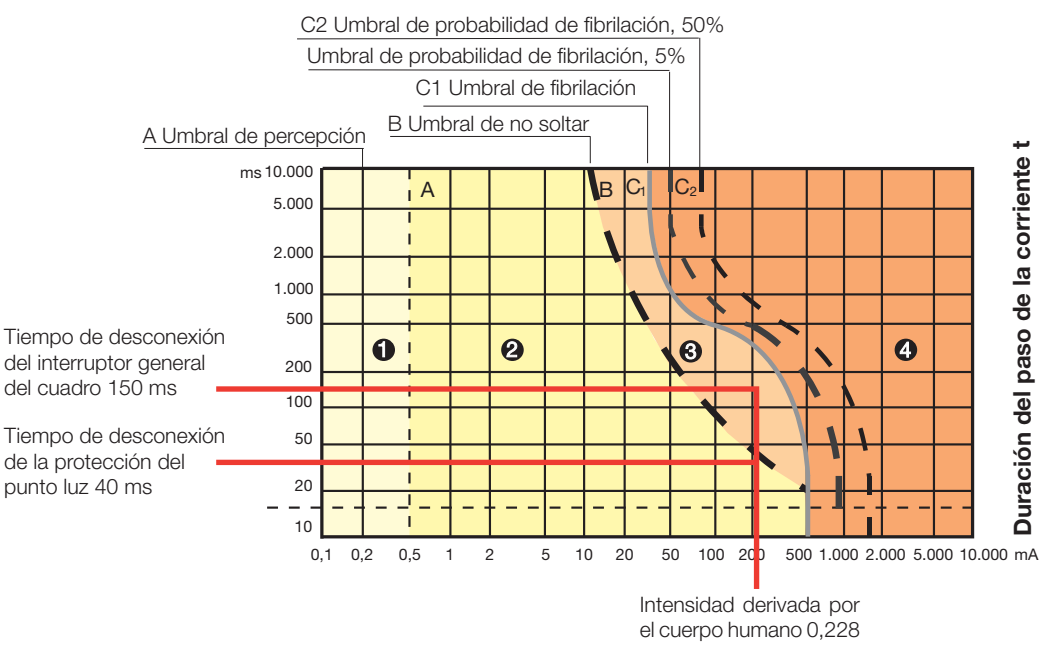


Fig. L6.1-038: *zonas de impacto de la corriente sobre el cuerpo humano.*

La intensidad a circular por la puesta a tierra sería

$$I_t = \frac{I_d \cdot \frac{1}{R_{AT}}}{\frac{1}{R_{AT}} + \frac{1}{R_h}} = \frac{21{,}76\ A \cdot \frac{1}{10{,}57\ \Omega}}{\frac{1}{10{,}57\ \Omega} + \frac{1}{1.000\ \Omega}} = 21{,}532\ A$$

La protección de los puntos luz queda sin ningún peligro, la protección en el interior del cuadro para la atención de la maniobra queda sin peligro, pero para realizar trabajos sin las protecciones y con tensión, sólo por personas autorizadas queda con la posibilidad de notar la corriente en la zona 3, por tanto debe indicarse que cualquier operación sin las protecciones aislantes y con tensión debe realizarse por personal cualificado sobre una banqueta de aislamiento.

ITC-BT-09
ITC-BT-44

6.1.2. Instalaciones eléctricas de alumbrado en locales de baja tensión para elementos de media tensión

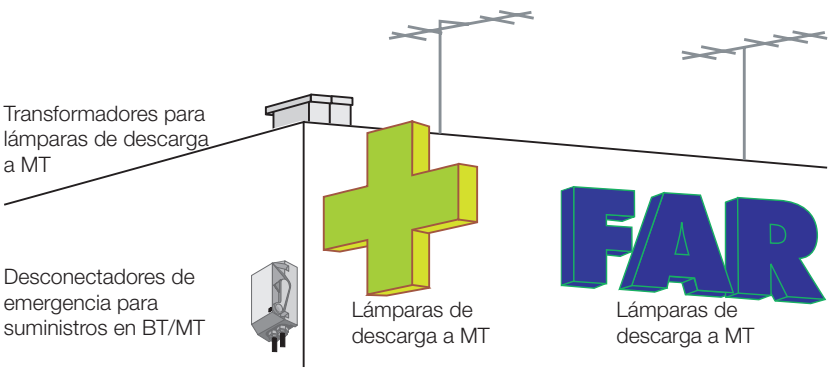


Fig. L6.1-039: *alumbrados de media tensión.*

Campo de aplicación

■ El presente apartado se refiere a la instalación de lámparas de descarga de rótulos, carteles publicitarios, alumbrado decorativo..., alimentados en baja tensión BT y en los que la fuente luminosa trabaja a media tensión MT, entre 1.000 V y 10.000 V, por medio de un transformador elevador separador.
Los autotransformadores no se pueden utilizar y las consideraciones de este apartado no se pueden aplicar a instalaciones en BT y de frecuencias superiores a 1.000 Hz.
■ La parte de instalación de baja tensión BT debe cumplir las instrucciones de la ITC-BT-09 de alumbrado exterior.
■ La parte de media tensión (MT), las Instrucciones Técnicas Complementarias realizan una pequeña referencia, pero disponemos de la norma UNE-EN 50107 que se refiere a la instalación de fuentes luminosas de MT entre 1.000 y 10.000 V.
■ En estas instalaciones podemos diferenciar:
□ El circuito de BT con sus conducciones y aparamenta.
□ Los transformadores de baja tensión BT a media tensión (MT).
□ La conducción en media tensión (MT).
□ Las fuentes de alumbrado a media tensión (MT).
■ Para las fuentes luminosas de cátodo frío alimentadas en baja tensión (BT), es recomendable aplicar las mismas previsiones que para las fuentes luminosas de descarga a media tensión (MT), principalmente en lo que concierne:
□ A la concepción e instalación de los transformadores.
□ Los conductores de unión entre transformadores y fuentes luminosas.
□ En el conexionado de los electrodos.
□ A la aparamenta de protección.

Normativa, reglamentación y legislación

Normativa

Las normas que afectan a estas instalaciones son:

■ UNE-EN 50107. Instalaciones de carteles y fuentes luminosas que trabajan a media tensión MT, tensiones superiores a 1.000 V y menores de 10.000 V.

■ UNE-EN 50143. Cables para la instalación de carteles y fuentes luminosas que trabajan a media tensión MT, tensiones superiores a 1.000 V y menores de 10.000 V.

■ UNE-EN 61050. Transformadores para la instalación de carteles y fuentes luminosas que trabajan a media tensión MT, tensiones superiores a 1.000 V y menores de 10.000 V.

Reglamentación

La ITC-BT-44 da las instrucciones para instalaciones de alumbrado en términos generales y las correspondientes al los rótulos luminosos y para alumbrado a muy bajas tensiones.

6.1.2.1. Generalidades

Los materiales específicos para estas instalaciones son objeto de una normativa; es muy importante que estén certificados por un ente reconocido, por ejemplo en España AENOR.

Materiales de baja tensión BT

■ Canalización: conjunto de elementos conductores eléctricos, activos o de protección, con los elementos que aseguran su fijación y protección mecánica.

■ Conductor aislado: elemento conductor (alma) de cobre o aluminio y su envolvente aislante.

■ Conductor activo: elemento transmisor de la energía eléctrica (fase y neutro).

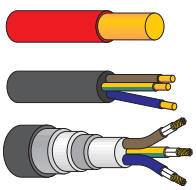
■ Conductor de protección: elemento conductor que une las masas conductoras, las tomas de tierra y las partes activas conectadas a tierra, concernientes a una instalación.

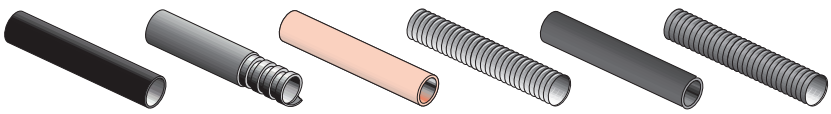
■ Cable: conjunto de varios conductores eléctricamente distintos y mecánicamente solidarios, generalmente por una envolvente protectora.

ITC-BT-21

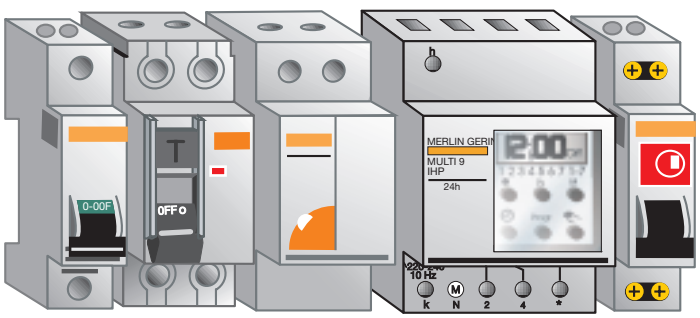
■ Conducto: elemento que ubica conductores y cablea para la protección mecánica de los mismos.

Puede ser un conducto aislante para reforzar el aislamiento de los mismos Ver apartado 7.2.1. “Instalaciones con conductores aislados y conducciones”, página F/216 del 1.er Volumen.





■ Aparamenta: la hemos descrito entre los volúmenes 1, 2, 3 y 4.



Materiales de media tensión MT

Las fuentes luminosas de media tensión, lámparas de (MT)

■ Su situación debe estar de conformidad a las normas correspondientes de utilización de los espacios que las albergan: en caso de estar situadas en la vía pública, las correspondientes a ellas. Acostumbran a estar en puntos adecuados para su función (alta visibilidad); pero siempre es recomendable situarlas alejadas del alcance de la mano.

■ Influencias sobre las líneas de telecomunicación y antenas de radiodifusión.

En el caso que una lámpara de descarga pueda albergar, dentro de un volumen considerado cilíndrico a treinta centímetros de su entorno una línea de telecomunicación o una antena receptora de señales audiovisuales, debe instalarse una malla entre las dos partes conectada a la red de equipotencialidad.

Esta malla pretende evitar que pueda existir un contacto fortuito entre las partes conductoras de las dos instalaciones.

Si el aseguramiento se realiza por otra instalación que no sea la malla, con la misma eficiencia que la malla, la instalación es válida.

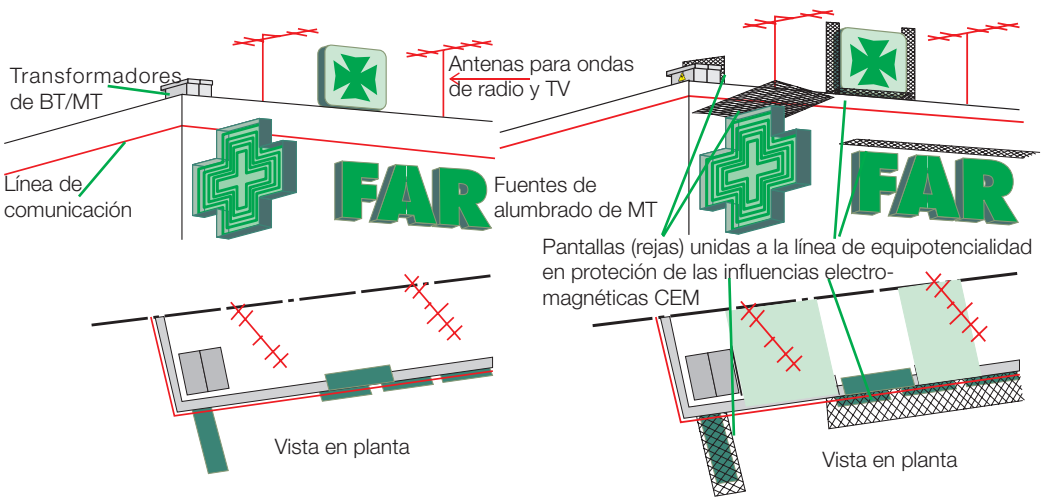


Fig. L6.1-040: *ejemplo de instalación de lámparas de media tensión (MT) y mallados.*

Soportes de las lámparas

■ Los soportes de los tubos de las lámparas deben estar aislados de tierra en función de la tensión en vacío del transformador de alimentación.

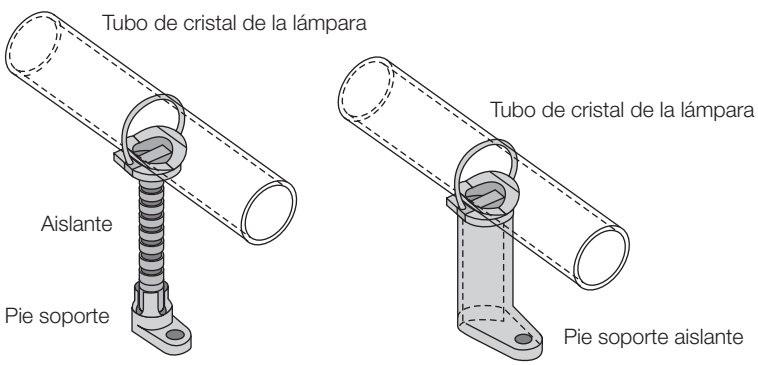


Fig. L6.1-041: *soportes de fijación de los tubos de las lámparas de descarga a media tensión (MT).*

■ Las líneas de fuga y las distancias en el aire entre la pared del tubo de cristal de la lámpara y la masa del soporte unida al conductor de equipotencialidad debe ser igual a:
□ Línea de fuga: L ⩾ U (tensión en vacío de los bornes del transformador de alimentación en kV) en mm.
□ Distancia en el aire: D ⩾ U (tensión en vacío de los bornes del transformador de alimentación en kV) + 0,75, en mm.
Es recomendable la utilización de como mínimo tres soportes por tubo (lámpara).

Las conducciones

■ Las conducciones de media tensión (MT) deben estar constituidas por conductores con aislamientos correspondientes a la máxima tensión del secundario del transformador.
■ La norma UNE-EN 50143 define las características de 11 tipos de cables en función de la naturaleza de la envolvente aislante y de sección de 1 mm^2:
□ Los conductores descritos en la norma de tipo B necesitan un conducto de protección a los impactos mecánicos para su instalación.
□ Los conductores descritos en la norma de tipo C llevan una funda de protección a los impactos mecánicos y se pueden instalar directamente.
■ Es conveniente reducir al máximo posible las longitudes de las conducciones de media tensión con el fin de limitar sus influencias externas.
La norma UNE-EN 50107 recomienda las longitudes máximas para cada conexión en función de la tensión en vacío del transformador U_0 y la naturaleza del gas de la fuente luminosa.
■ Longitudes máximas de las conexiones en (m):

Tensión U_0 en (kV)	1	2	3	4	5
Neón	20	15	10	7	5
Mezcla de gases	40	30	20	15	10

Tabla L6.1-042: *longitudes máximas de las conexiones de las lámparas a los transformadores, en función de la tensión de empleo y la naturaleza de la lámpara.*

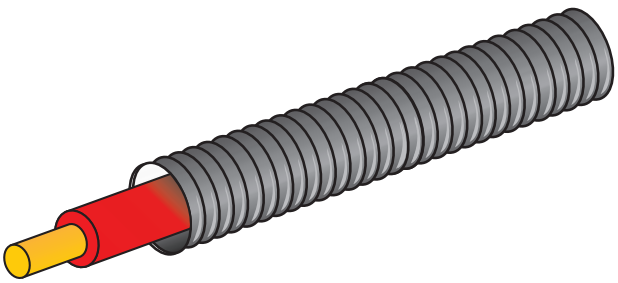


Fig. L6.1-043: *conductores y protecciones de alimentación en media tensión (MT).*

■ Las conducciones realizadas con conductores que incorporan su propia protección contra los impactos mecánicos deben sujetarse cada 50 cm en trazados horizontales y cada 80 cm en trazados verticales.
■ Ningún dispositivo de corte debe instalarse en las conducciones y los empalmes están prohibidos.
■ Las conexiones deben ser de un solo conductor por fase o neutro, no se admiten conductores en paralelo.
■ Un conductor de media tensión (MT) no debe ser tendido por el mismo conducto de un conductor de baja tensión (BT).

Las conexiones

En toda la longitud de los conductores, entre los bornes del transformador y las lámparas no puede realizarse ningún empalme.

Las conexiones a los bornes de los tubos de las lámparas deben realizarse de forma segura y duradera, y deben enfundarse con protecciones adecuadas a la tensión de empleo, las protecciones aislantes en espiral o similares están prohibidas.

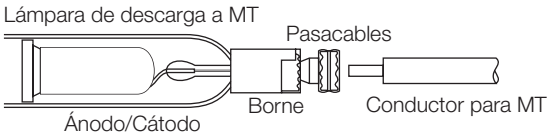


Fig. L6.1-044: *empalme de conexión del conductor al tubo de la lámpara.*

Machón aislante de la zona del borne y el conductor

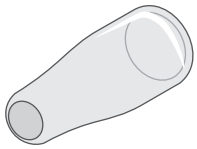
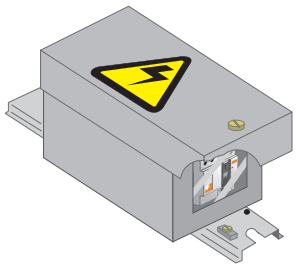


Fig. L6.1-045: *machón funda, protector del borne de conexión.*

Los transformadores



Los transformadores utilizados para las fuentes de MT son transformadores monofásicos con los arrollamientos separados y sus características están definidas en la UNE-EN 61050:

■ Características de los transformadores:

□ Tensión del primario: generalmente 230 V.

□ Tensión del secundario: entre 1.000 y 10.000 V; si la tensión es superior a 5.000 V, el arrollamiento secundario lleva un punto de unión a la masa del transformador la cual debe conectarse a la red de puesta a tierra.

□ Intensidad secundaria asignada: los valores más corrientes son 25, 50 y 100 mA.

□ Potencia del secundario: la tensión en vacío del secundario por la intensidad nominal ($S < 2.500$ VA) debe ser menor a 2.500 VA. El transformador debe ser de pendiente negativa, para adaptarse a las características de las fuentes.

■ Elección de transformadores.

Los transformadores se eligen en función de los siguientes criterios:

□ Longitud máxima del tubo de la fuente y número de pares de electrodos que pueden ser alimentados con la potencia aparente del secundario. Estos valores son indicados por el constructor.

□ Dimensiones del transformador en función de las condiciones de instalación.

□ La vida, ¡atención!, puede ser muy afectada por los cortocircuitos internos.

□ La facilidad y seguridad en el embornado.

□ La cantidad de decibelios desprendidos.

■ Las condiciones de instalación deben procurar limitar los cebados entre bornes de MT y masas, y los cebados entre arrollamientos.

Transformadores a incorporar a un circuito

El acceso a las partes activas de MT no debe poderse producir al corte de la alimentación en BT. Debe situarse un seccionador de todos los conductores de MT con visión del seccionamiento.

Si no es posible, por construcción, la instalación del seccionador de MT en el transformador, deben situarse los seccionadores necesarios lo más cerca posible de las fuentes de alumbrado.

Transformadores con circuito incorporado

Los transformadores independientes con envolvente y circuito propio deben ubicar un seccionador en su interior y no poderse abrir la envolvente sin actuar el seccionador.

La envolvente que asegura la protección del transformador por construcción o instalación debe llevar una señal, en zona visible, indicando la peligrosidad de la MT, mientras la corriente no sea seccionada en todos los conductores activos y las lámparas de descarga.

Situación

■ Los transformadores deben situarse lo más próximo posible de las lámparas de media tensión (MT).

■ No deben situarse en contacto con materiales combustibles.

■ Los transformadores, situados en el interior de edificios deben situarse en lugares ventilados y solamente accesibles al personal de mantenimiento. Su situación debe ser señalizada con un símbolo visible de presencia de tensiones peligrosas.

■ Los transformadores, las fuentes y los circuitos de media tensión (MT) no pueden situarse en los volúmenes 0, 1 y 2, definidos el los locales con ubicación de agua, piscinas y fuentes.

■ Los transformadores situados en repisas o azoteas deben situarse al amparo del agua en todas direcciones, IPx4 y fuera del alcance de las personas no cualificadas.

■ Los transformadores deben instalarse según las prescripciones del constructor.

■ Los transformadores deben disponer de un grado de protección en función del entorno de su situación. Generalmente se sitúan en el exterior en ambientes ciudadanos, en este punto le correspondería un grado de protección IP44 e IK08.

■ Las entradas de conductores deben efectuarse con la ayuda de prensaestopas.

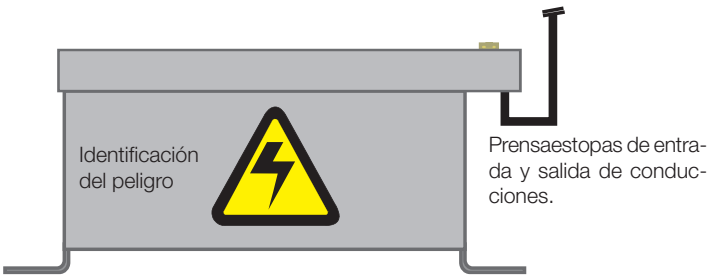


Fig. L6.1-046: *ejemplo de entrada y salida de las conducciones de los transformadores de media tensión (MT).*

■ Si se deben instalar más de un transformador para una misma instalación, el emplazamiento de los mismos debe permitir su ventilación, por tanto: deben si-

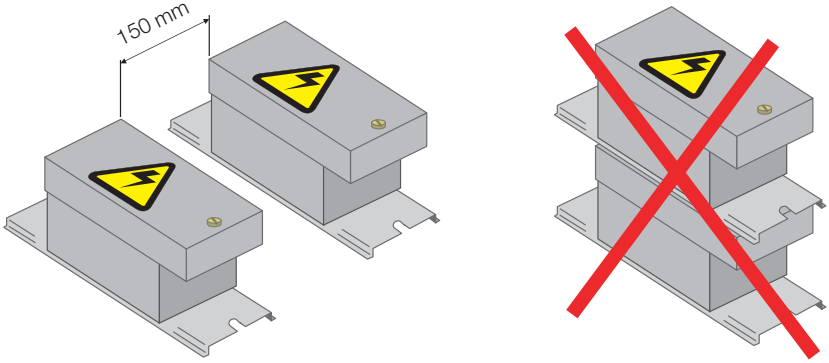


Fig. L6.1-047: *ejemplo de instalación y señalización de los transformadores de media tensión (MT).*

tuarse a una distancia entre ellos que permita el movimiento másico del aire de su entorno, como mínimo 15 cm y nunca deben amontonarse o situarse en una misma vertical.

Los convertidores y los onduladores
Las fuentes luminosas pueden ser alimentadas por convertidores u onduladores. Su tensión con respecto a tierra no debe superar los 5.000 V y no pueden tener un punto de puesta a tierra en el circuito de MT, ni ninguna conexión que pueda comunicar con el circuito primario de BT, deben estar totalmente aislados e instalarse según las instrucciones del constructor.

Dispositivos de seccionamiento
Los dispositivos de seccionamiento y en caso de estar integrados en los transformadores, deben ser identificados de forma segura y duradera por medio de etiquetas especificando la situación de la parte de media tensión (MT) concerniente.

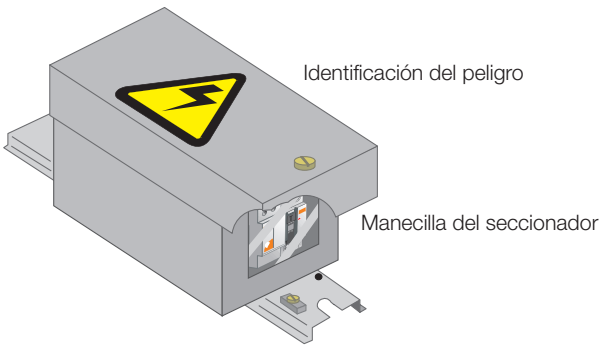


Fig. L6.1-048: *ejemplo de instalación y señalización de los transformadores con circuito integrado de media tensión (MT).*

Esta identificación es necesaria para poder prevenir riesgos en la manipulación de la instalación y de las instalaciones vecinas.

Alimentación
La alimentación puede reslizarse desde:
- Una derivación de alumbrado exterior del grupo B.
- Una derivación de un suministro particular.

6.1.2.2. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos

En baja tensión BT
- Todas las partes bajo tensión deben ser protegidas contra los contactos directos.
- Esta protección es generalmente asegurada por las envolventes de los materiales (fundas para los conductores, envolventes de los cofres para la aparamenta, cofres para los transformadores...) que posean un grado de protección IP2x(1) (IP44 e IK08 para los transformadores a ubicar en un circuito).

(1) Para asegurar la protección contra las influencias externas, el grado de protección es el IP44.

■ Los cuadros y cofres que contengan partes bajo tensión deben poder cerrarse de forma que para abrirlos sea necesario un útil o una llave.
■ Puesto que la protección contra los contactos directos, es decir la protección contra los posibles contactos con las partes conductoras activas, impone una protección superior a la protección por la penetración de cuerpos sólidos y polvo, a las cifras del grado de protección IP les añadiremos una letra que signifique:
A = protección para impedir tocar una parte activa con el dorso de la mano.
B = protección para impedir tocar una parte activa con un dedo.
C = protección para impedir tocar una parte activa con un útil.
D = protección para impedir tocar una parte activa con un hilo delgado.
■ Así si la protección contra la entrada de polvo requiere un grado de protección IP1x, la protección contra los contactos indirectos impone el grado IP1xB.
Esta protección (B) se entiende en el momento de abrir la puerta del armario, si ésta no queda sin tensión en el momento de abrir la puerta, o en el caso que quede sin tensión, la protección queda reducida a los bornes de entrada.

Protección contra los contactos indirectos

■ La protección contra los contactos indirectos, es decir contra las consecuencias de un defecto de aislamiento, es asegurado bien:
□ Sea con instalación de materiales de Clase I, por conexión a tierra y corte automático de la alimentación, cuando el corte de la alimentación es asegurado por un dispositivo de corte automático en el momento que se produce un defecto, y en un tiempo capaz de no producir ninguna lesión a las personas.
□ Sea realizando la instalación de tal forma que todo defecto entre partes bajo tensión y partes accesibles sea improbable, o que los riesgos correspondientes puedan ser insignificantes (no peligrosos): estas situaciones se consiguen utilizando correctamente materiales de Clase II o preveyendo una instalación de aislamiento suplementario a todos los materiales eléctricos.

Clase	Indicaciones en la placa de características	
I	Símbolo de la puesta a tierra	⏚
II	Símbolo del doble aislamiento	⧈

■ En la práctica, la protección contra los contactos indirectos se asegura instalando una de las medidas de seguridad siguientes:
□ Empleo de materiales de Clase II y aislamiento suplementario al entorno de toda la instalación.
□ Corte automático por dispositivos de protección a corriente diferencial-residual.

ITC-BT-43

Protección por empleo de materiales de Clase II y por aislamiento suplementario a lo largo de la instalación

■ Esta medida de protección definida en los apartados 2.1.2. “Protección contra los choques eléctricos en servicio normal”, página L/14, 2.1.4. “Coordinación de los materiales eléctricos y de medidas de protección con la instalación eléctrica”, página L/30 y “Material de Clase II”, página L/31, consiste en realizar las instalaciones de alumbrado en el exterior de tal forma que un riesgo de defecto por falta de aislamiento sea excluido. Dicho de otra forma, los aparatos de alumbrado y los materiales de circuitos de alimentación deben ser realizados en Clase II o equipados, en la instalación, de unos aislamientos suplementarios.
■ En la práctica, la aplicación de estas medidas de protección necesitan las disposiciones siguientes:
□ Utilización de canalizaciones, de conductores y conductos de Clase II, es decir conductores aislados en conductos aislantes o cables que lleven algún revestimiento metálico, tales como las series U 1000 R2V o H 07 RN-F.
Los cables deben ser fijados en su extremidad superior por dispositivos de ama-

rre previstos por el artículo 3.10.1 de la norma UNE-EN 60598-2-3 C 71-003.
□ Instalación de la aparamenta en un cofre de Clase II, cofre que debe satisfacer las reglas correspondientes a un nivel de seguridad de Clase II (ver apartado 2.1.4. "Coordinación de los materiales eléctricos y las medidas de protección con las instalaciones eléctricas", página L/30).
□ Protección con canalizaciones aislantes, de los conductores de entrada y salida al transformador.
■ Los transformadores y la aparamenta propia deben conectarse a una toma de tierra individual.
■ Cuando las fuentes de alumbrado a media tensión están situadas en lugares con riesgos ceáunicos (caída de relámpagos), en colinas sin arbolado ni edificaciones, puede ser necesario una puesta a tierra para derivar las corrientes del rayo.
■ Cuando un incidente o accidente se sitúa sobre una instalación, el riesgo de contacto de un conductor activo con la masa es poco probable si la instalación se ha realizado correctamente y con esmero, sobre todo en la penetración y salida de los conductores.
■ La realización de las instalaciones en Clase II concierne a las conducciones aparamenta y transformadores, pero no tiene ninguna condición sobre el régimen de neutro de la alimentación tanto para el TN o el TT, según las condiciones de la red pública o privada de la alimentación.

Realización de la instalación del equipo de una fuente luminosa de media tensión en Clase II y su aislamiento suplementario

■ En principio la realización de una instalación en Clase II según las disposiciones precedentes no necesita de protección diferencial, de hecho por que la instalación está concebida y realizada de forma que un fallo de aislamiento es improbable.
Más bien esta protección crea ciertos inconvenientes si se aplica con protecciones con dispositivos de desconexión a corriente diferencial-residual.
■ Cuando se instala un equipo sobre un muro metálico, la instalación debe realizarse en Clase II o aislamiento suplementario y la canalización debe protegerse mecánicamente contra los impactos.

Protección por dispositivos de corriente diferencial residual

■ Es la protección habitual en los regímenes de distribución TT.
■ Estos dispositivos pueden ser ubicados al origen de la instalación, protegiendo el primario de la instalación. El dispositivo de corriente diferencial residual debe ser de una sensibilidad de 30 mA.
■ Cualquiera que sea su emplazamiento, para asegurar la protección contra los contactos indirectos, un dispositivo a corriente diferencial residual es asociado a una toma de tierra donde la resistencia R_A debe ser por lo menos igual a: 24 V/$I_{\Delta n}$ (BB2):
□ $I_{\Delta n}$ es la corriente diferencial residual asignada al dispositivo (no confundir con la corriente asignada que debe ser por lo menos la de empleo del circuito).
Por tanto, en el capítulo G y en el apartado "Protección contra contactos indirectos" encontraremos la Fig. G1-015, página G/40 del 2.° Volumen, para poder calcular exactamente a una situación de BB2 (24 V) la tensión máxima de contacto y el tiempo máximo de aceptación de esta tensión por el cuerpo humano.
Estos datos nos permitirán calcular la resistencia de puesta a tierra necesaria.

En media tensión MT

Protección contra los contactos directos

■ Las conexiones a los electrodos de la lámpara de MT deben ser protegidos por manguitos aislantes, bien sean:

□ De vidrio de como mínimo de un espesor de un milímetro.
□ De caucho de silicona de una temperatura de trabajo superior a 180 º C y un espesor de como mínimo un milímetro.
□ De un material plástico en que las características de resistencia y dieléctricas sean equivalentes a las del caucho referido.

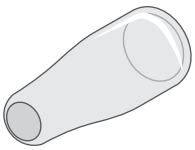


Fig. L6.1-049: *ejemplo de machones de protección en los bornes de media tensión (MT).*

■ Debe disponerse una protección aislante suplementaria a todos los materiales que dispongan de un grado de protección IP3x o inferior el cual estará en función de las características externas de su entorno de emplazamiento. Esta envolvente no debe poder retirarse sin necesidad de un útil (por ejemplo fundas retrorretráctiles).
■ Un dispositivo de protección debe asegurar el corte de la alimentación en BT del transformador y después la apertura del circuito de media tensión (MT). Esta maniobra puede ser necesaria por causas normales de apertura o cierre o por causas accidentales, bien sea por:
□ Que se ha roto una de las lámparas.
□ Que una de las lámparas no alumbra al situarla bajo tensión.
Este dispositivo de apertura, que detecta el funcionamiento de las lámparas, debe desconectar la alimentación en un tiempo entre 2 y 5 segundos a la conexión y en menos de 200 ms en funcionamiento normal de las fuentes luminosas.
■ La protección de la conexión de los electrodos debe realizarse siempre aunque las lámparas estén dentro de una envolvente cerrada.
■ Recapitulación de las medidas de protección.

Emplazamiento de las conexiones	**Medidas de protección**			
	Machón aislante	Protección suplementaria IP3x(2)		Dispositivos de corte del circuito
En el interior de un volumen de accesibilidad(1)	■	■	y	■(1)
Fuera de un volumen de accesibilidad(1)	■	■	O	■

Medidas necesarias
(1) El volumen de accesibilidad corresponde hasta una altura de 2,5 m del nivel del suelo de tránsito de las personas.
(2) Por ejemplo una funda aislate retráctil.

Tabla L6.1-050: *tabla de recapitulación de las medidas de protección contra los contactos directos.*

Protección contra los contactos indirectos

■ Uniones equipotenciales.
Para evitar que un defecto de aislamiento en las partes de media tensión no presente una tensión peligrosa sobre una masa o una estructura metálica, debemos realizar una unión equipotencial que una las siguientes partes:
□ Los bornes de tierra de los transformadores (la puesta a tierra de los circuitos magnéticos y la envolvente metálica si corresponde).
□ Las fundas metálicas de los conductores y las conducciones con sus soportes de las líneas de media tensión.
□ Los soportes metálicos de las lámparas, las protecciones de sus bornes.

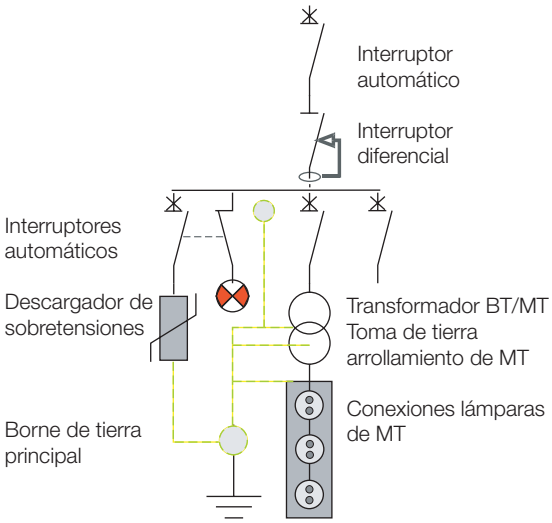


Fig. L6.1-051: *esquema de puestas a tierra.*

□ Los soportes metálicos de su entorno susceptibles de situarse bajo tensión por un fallo de aislamiento.
□ El conductor de tierra de la alimentación de baja tensión (BT).
□ El punto central del arrollamiento secundario del transformador si la tensión en vacío del secundario supera los 5.000 V, en caso contrario en el extremo del arrollamiento.
■ El conductor de protección o de la conexión equipotencial debe tener como mínimo la misma sección de los conductores de fase del circuito correspondiente. Puesto que este conductor no forma parte de la canalización de alimentación, debe tener una sección como mínimo de:
□ 2,5 mm^2 si está protegido contra los choques mecánicos.
□ 4 mm^2 si no está protegido contra los choques mecánicos.
■ Toma de tierra: la unión equipotencial debe conectarse a la toma de tierra del circuito de alimentación.
■ Equipo de desconexión de la alimentación a una corriente de fuga en el secundario. A la salida de los bornes del transformador deberá instalarse un núcleo toroidal capaz de dar una señal de desconexión a un relé situado en el circuito de baja para que desconecte la alimentación, en menos de 100 ms con un simple desequilibrio de 25 mA.

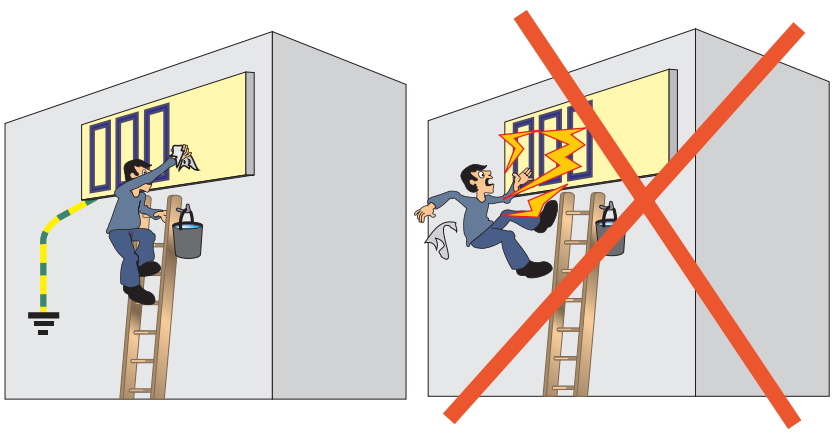


Fig. L6.1-052: *necesidad de una unión equipotencial.*

6.1.2.3. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar las incidencias térmicas en el circuito de BT y en el de MT.

El calentamiento excesivo e incendio

En el circuito de BT

■ Los calentamientos se producen por falsos contactos o por falta de refrigeración en el transformador.

■ Debemos revisar el par de apriete de los bornes de BT y en el momento de la instalación procurar situar los transformadores donde no incidan directamente los rayos solares o protegerlos de los mismos en zonas donde su incidencia es muy importante.

En el circuito de MT

■ La protección contra el riesgo de incendio en MT bien sea por:

□ Calentamientos excesivos.

□ Por arcos de fugas.

Necesita la instalación de varias medidas de protección tales como:

□ Instalación de un dispositivo diferencial (puede ser el mismo que para la protección a los contactos indirectos).

□ Mantenimiento de las distancias en el aire y de las líneas de fuga.

□ Materiales autoextinguibles.

■ El dispositivo a corriente diferencial:

□ Un dispositivo a corriente diferencial debe medir la corriente de defecto de una fuga a masa del circuito de MT y provocar el corte de la alimentación del circuito de alimentación en BT.

□ Debe funcionar por una corriente inferior a la corriente de cortocircuito a tierra del transformador y que no debe ser en ningún caso superior a 25 mA.

□ El valor de la corriente medida por el dispositivo a corriente diferencial, es determinada en función de la impedancia del bucle de defecto, teniendo en cuenta las características del transformador.

□ El tiempo de apertura del dispositivo de corte no debe ser superior a 200 ms.

■ Líneas de fuga y distancias en el aire:

□ Mantenimiento de las distancias en el aire y de las líneas de fuga entre las partes activas de MT y las masas con puesta a tierra; distancias tales en las que no se pueda producir el arco, pero estas distancias en función del entorno necesitan una mayor o menor atención de mantenimiento, el cual se ha de realizar.

□ La distancia en el aire (DA) es la distancia más corta en el aire entre partes conductoras.

□ La línea de fuga (LF) es la distancia más corta en la superficie de un aislante situado entre partes conductoras.

Ambiente	Líneas de fuga LF en (mm)	Distancias en el aire DA en (mm)
Locales secos (BB1)	8 + 3 U	6 + 3 U
Locales mojados (BB3)	10 + 5 U	7,5 + 3,75 U
Materiales sujetos a frecuencias superiores a 1 kHz	12 + 6 U	9 + 4,5 U

U es la tensión en vacío del secundario del transformador en kV.

Tabla L6.1-053: *distancia en el aire y líneas de fuga en mm.*

Ambiente	U = 5 kV		U = 10 kV	
	LF	DA	LF	DA
Locales secos (BB1)	28	21	48	36
Locales mojados (BB3)	35	26	60	45
Materiales sujetos a frecuencias superiores a 1 kHz	42	31,5	72	54

Tabla L6.1-054: *distancia en el aire y líneas de fuga en mm, para valores de 5 y 10 kV.*

Los materiales aislantes de las envolventes deben presentar una resistencia a las corrientes de los posibles caminos de fuga, esta condición se cumple respetando la IEC 112.

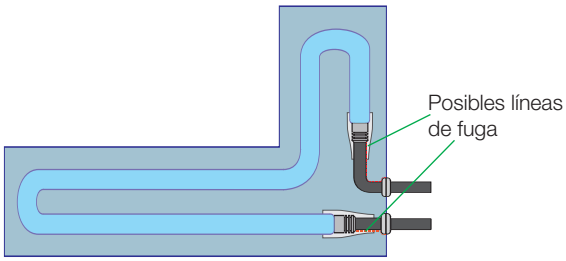


Fig. L6.1-055: *líneas de fuga (LF) y distancias en el aire (DA).*

6.1.2.4. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1, apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones:
■ 3.2. “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, página H1/74 del 2.º Volumen.
■ 3.2.2. “Determinación de la sección en función de la caída de tensión”, página H1/82 del 2.º Volumen.
■ 3.2.3. “Determinación de la sección en función de la corriente de cortocircuito”, página H1/88 del 2.º Volumen.
■ 3.2.4. “Los conductores de protección PE”, página H1/108 del 2.º Volumen.
■ 3.2.5. “El conductor neutro”, página H1/114 del 2.º Volumen.

Determinación de los materiales de protección

En el capítulo H2, apartado “Las funciones básicas de la aparamenta” del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.
■ “La aparamenta”, página H2/41 del 2.º Volumen.
■ “La solución interruptor automático”, página H2/42 del 2.º Volumen.
■ “Coordinación entre interruptores automáticos”, página H2/48 del 2.º Volumen.
■ 3.5. “Elección de los interruptores automáticos”, página H2/207 del 2.º Volumen.

Especificaciones particulares para la protección de circuitos de lámparas de MT

Sección de los conductores

■ Es recomendable unificar las secciones de los conductores con la línea principal, incluso para las derivaciones.
■ Si no es posible que las derivaciones lleven la misma sección que la línea principal, se debe verificar que la protección de la línea principal protege a las derivaciones en caso de cortocircuito o sobrecarga.

■ En el caso que varios transformadores sean alimentados por el mismo circuito, debemos comprobar que los bornes son capaces de albergar dos conductores, generalmente los bornes son para 2,5 mmm^2.

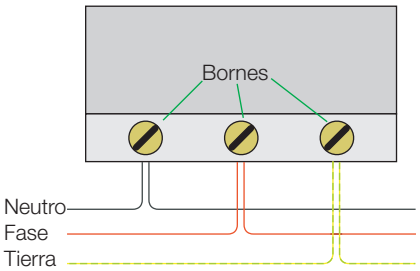


Fig. L6.1-056: *alimentación de varios transformadores con un circuito.*

■ Si son necesarios conductores de mayor sección de la capacidad de los bornes del transformador, debemos situar unos bornes adecuados para alimentar al transformador por derivación.

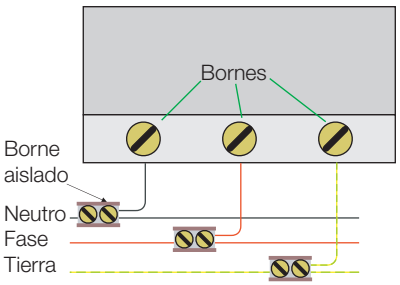


Fig. L6.1-057: *alimentación de varios transformadores con un circuito en derivación.*

Dispositivos de protección

Pueden ser interruptores automáticos magnetotérmicos o fusibles a cartucho calibrado del tipo gl o aM (en la normalización europea los fusibles gG son equivalentes a los gl y los gM a los aM).

■ Los fusibles.

Los fusibles gG, con distintivo negro, pueden ser:

□ Del tipo doméstico, que se identifica su calibre por el dimensionado para que no se pueda introducir en una misma base un cartucho de otro calibre. Apropiado cuando la manipulación de mantenimiento lo realizan personas no expertas.

□ Del tipo industrial cuyas dimensiones son:

– Para 16 A 8,5 · 31,5 mm.
– Para 25 A 10,3 · 38 mm.
– Para 50 A 14,3 · 51 mm.
– Para 125 A 22,2 · 58 mm.

■ Los interruptores automáticos.

□ Los interruptores automáticos pueden ser de una de las curvas B, C o D, diferenciadas entre ellas por la característica de desconexión instantánea.

– Curva B, entre 3 I_n y 5 I_n.
– Curva C, entre 5 I_n y 10 I_n.
– Curva D, entre 10 I_n y 20 I_n.

□ Prácticamente en función de la punta de arranque del transformador los tipos C y D son los que mejor se adaptan.

□ Los dispositivos de protección deben ser dimensionados de tal forma que la punta de conexión del transformador no provoque la fusión de los fusibles ni la desconexión instantánea de los interruptores automáticos.

□ La punta de conexión de los transformadores es del orden de 25 I_n durante 10 ms.

En realidad: $P \leq \frac{K \cdot In\ (A)}{25\ (veces \cdot In)} U\ (V)$

P = la potencia del transformador en W.
K = el coeficiente de desconexión instantánea del interruptor automático en función de su curva de característica, 3 para la B, 5 para la C, 10 para la D y 20 para los fusibles gM.
I_n = corriente asignada del dispositivo de protección.
U = la tensión nominal, generalmente 230 V.

Dispositivos de protección adecuados para las potencias de los transformadores				
Corriente asignada al dispositivo de protección I_n (A)	Potencia máxima del transformador en W			
	Protección			
	Fusibles	Interruptores automáticos		
	Tipo gM	Curva B	Curva C	Curva D
2	368	55	92	184
4	736	110	184	368
6	1.104	166	276	552
8	1.472	221	368	736
10	1.840	276	460	920
12	2.208	331	552	1.104
16	2.944	442	736	1.472
20	3.680	552	920	1.840
25	4.600	690	1.150	2.300
32	5.900	883	1.472	2.944

Tabla L6.1-058: *relación de las intensidades asignadas a las protecciones y potencias máximas de los transformadores protegidos.*

En el apartado “Método práctico de cálculo de la longitud máxima de conducción que protege un interruptor automático o fusible”, página H1/63 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de cálculo para conocer a qué distancia del transformador podemos situar sus protecciones.
Esta función la hemos tabulado de una forma orientativa para estos casos que nos ocupan.

Tabla de valores de las distancias máximas entre el dispositivo de protección y los transformadores a proteger, en función de la intensidad asignada del dispositivo de protección y la sección del conductor de alimentación del transformador, partiendo de una tensión de alimentación monofásica a 230 V.						
Conductor de Cu Sección en mm^2	Longitudes máximas (en m) de la canalización según la corriente asignada In del dispositivo de protección[1]					
	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A
1,5	38	23	15	11	9	7
2,5	65	39	26	19	15	12
4	100	60	40	30	24	19
6	155	93	62	45	39	

[1] Para alimentaciones en trifásico de 400 V multiplicar la distancia por 2.

Tabla L6.1-059: *valores de las distancias máximas entre el dispositivo de protección y los transformadores. a proteger, en función de la intensidad asignada del dispositivo de protección y la sección del conductor de alimentación del transformador, partiendo de una tensión de alimentación monofásica a 230 V.*

Pero la parte mas importante es conocer si la protección del primario nos sirve para proteger el secundario.
La protección del secundario realizada desde el primario, en estos casos de elevación de tensión y en estas proporciones de BT a MT, permite proteger longitudes de conducción elevadas que superan las longitudes normales de instalación.
Si alguien quiere comprobarlo, en el apartado 20.8. "Protección de líneas de alumbrado TBT", página J/948 del 3.er Volumen permite realizar una extrapolación de método para transformadores de BT/MT.

6.1.2.5. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H2, apartado 4. "Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones", página H2/249 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones:
■ Para las instalaciones en el exterior, el cálculo será similar al de un alumbrado exterior: en el apartado "Cálculo de las protecciones contra sobretensiones para el alumbrado público de una urbanización", página H2/275 de 2.º Volumen encontrará un ejemplo de las protecciones de un alumbrado público en una urbanización.
■ Para las instalaciones en el interior, el cálculo será similar al de una vivienda apareada: en el apartado "Estudio de los limitadores de sobretensiones transitorias de la red", página H2/272 del 2.º Volumen.

6.1.2.6. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

■ Para una instalación de alumbrado con fuentes de media tensión (MT) la IEC tiene en estudio el alcance de la Compatibilidad Electromagnética (CEM).
■ Para toda la instalación deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo las precauciones expresadas en el apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/264 del 1.er Volumen.
■ Puede ser muy importante la CEM en el cuadro de mando de las instalaciones de alumbrado con fuentes de media tensión (MT), y en tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8 "Los cuadros eléctricos y la CEM", página F/152 del 1.er Volumen, el apartado 4.1. "La instalación de los pararrayos en los cuadros", página H2/260 del 2.º Volumen, y el apartado 5. "Medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM), página H2/305.
■ En cuanto a la normativa existente que puede proporcionarnos una orientación y el apartado existen las normas:
□ UNE-EN 55015 sobre los límites y métodos de medida de perturbaciones radioeléctricas producidas por equipos eléctricos de alumbrado y aparatos análogos.
□ UNE-EN 61547, equipos para el alumbrado de uso general. Prescripciones sobre la inmunidad electromagnética (CEM).

6.1.2.7. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

■ En función de las fuentes de alumbrado las bajadas de tensión son acusadas de forma perjudicial para los materiales, en función de perjudicar su vida.
■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.
No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.

■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.
■ Si el corte es suficientemente importante para llegar a descebar las lámpara de descarga, entonces debemos tener en consideración que un rearme automático no es conveniente, por tanto deberemos controlar estos casos con:
□ La instalación de una bobina de mínima tensión para que desconecte la alimentación.
□ La instalación de un temporizador para iniciar el encendido después de un tiempo de enfriamiento de las lámparas para reanudar el proceso de encendido en condiciones favorables.
En función de la importancia de la función social (señalización, orientación...), es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI, ver capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)" del 3.er Volumen.

6.1.2.8. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento, recambio de lámparas...).
Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN-C.
■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.
■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conductor deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados.
Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez y en este caso es lo que se debe instalar.
■ En la práctica, uno o dos dispositivos de seccionamiento deben ser previstos:
□ Al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.
□ En el cofre al pie de cada farol.
■ En el último caso, el seccionamiento puede ser asegurado:
□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte bipolar.
□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

Mando por corte de urgencia

Elección del aparato

■ Todos los conductores activos, fase y neutro, de un circuito de alimentación de baja tensión deben poder ser cortados por una sola maniobra.
■ Este dispositivo debe incorporar una indicación visible del posicionamiento de los contactos y solidaria a los mismos.
■ Un solo dispositivo de corte de urgencia es suficiente para las fuentes de media tensión de una unidad de suministro, estén situadas en el interior o en el exterior.
■ El corte de urgencia puede ser realizado por:
□ Un interruptor con mando manual.
□ Un seccionador omnipolar comandado a distancia y equipado con un desconectador a falta o bajada de tensión (seguridad positiva). La bobina de actuación

del seccionador puede estar alimentada por el mismo circuito o por un circuito independiente (por ejemplo un circuito de emergencia).
□ Un seccionador omnipolar comandado a distancia y equipado con un desconectador a emisión, comportando una doble señalización de la posición de los contactos de "abierto-cerrado" contiguo al mando de maniobra.
La protección puede ser repartida por secciones (grupos de fuentes de media tensión), quedando el resto de secciones en servicio.
La bobina de actuación del seccionador puede estar alimentada por el mismo circuito o por un circuito independiente (por ejemplo un circuito de emergencia).

Esquemas

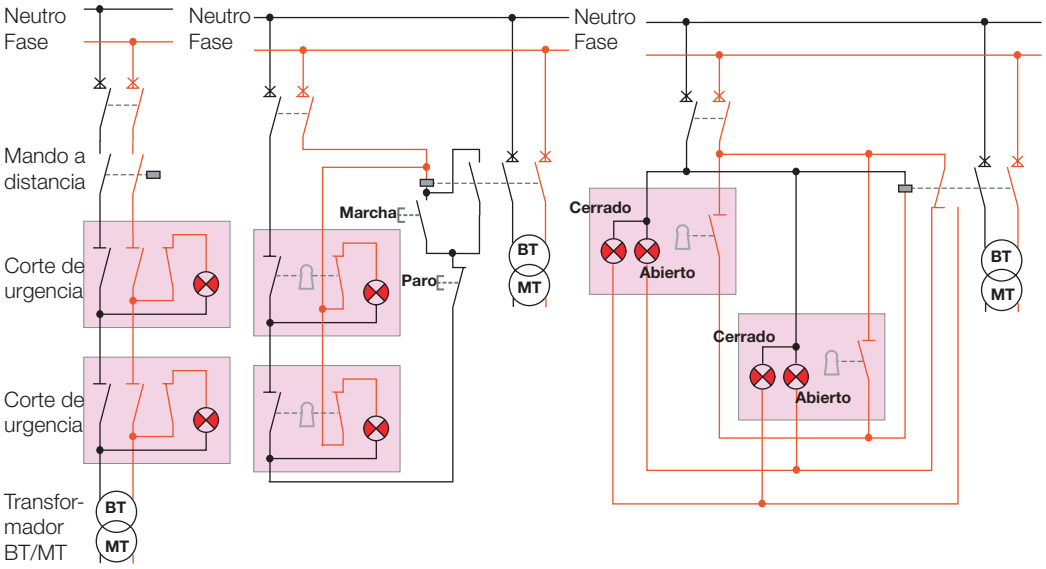


Fig. L6.1-060: *esquemas de instalación del corte por emergencia.*

□ Un seccionador omnipolar comandado a distancia o no y equipado de un mando que para rearmarse necesita de una llave. La bobina de actuación del seccionador puede estar alimentada por el mismo circuito o por un circuito independiente (por ejemplo un circuito de emergencia).
□ Un mismo dispositivo de corte de urgencia puede seccionar la alimentación de varios grupos de fuentes de media tensión con alimentación común.
■ La utilización de desconexiones y conexiones automáticas, de las fuentes de media tensión, a través de controladores horarios no exime de la obligatoriedad de la instalación de seccionadores de urgencia.
■ Los dispositivos de seccionamiento de urgencia deben llevar una indicación que fácilmente los identifique, por ejemplo "NEON".
■ Los telerruptores no son admitidos como seccionadores de urgencia.

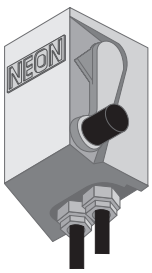


Fig. L6.1-061: *seccionador para el corte por emergencia.*

Emplazamiento de los dispositivos de seccionamiento de urgencia

■ Cuando las fuentes luminosas de media tensión están instaladas en el interior de un edificio.

Los dispositivos de seccionamiento de emergencia deben situarse en el acceso del edificio, donde se pueda circular siempre, tanto desde el interior como desde el exterior.

■ Cuando las fuentes luminosas de media tensión están instaladas en el exterior de un edificio.

Los dispositivos de seccionamiento de emergencia deben ser accesibles desde el exterior

■ En la fachada.

Si las fuentes luminosas de media tensión están instaladas en la fachada de un edificio se sitúa en la fachada. Debe instalarse a una altura del suelo tal que no permita ser manipulado de forma habitual, pero que permita ser alcanzado en caso necesario sin dificultad, por ejemplo a una altura de 2,5 m.

■ En la azotea.

Si las fuentes luminosas de media tensión están instaladas en la azotea de un edificio, se sitúa en la azotea, en el camino de acceso a las fuentes luminosas de media tensión (MT).

Es aconsejable situarlo en concordancia con los servicios de bomberos.

Si el inmueble está sujeto a la reglamentación de edificios receptores de público deberá consultarse a la entidad controladora de la seguridad de estos edificios su emplazamiento.

Si las fuentes luminosas de media tensión son accesibles desde un balcón un segundo equipo con accesibilidad desde este balcón debe ser instalado por seguridad.

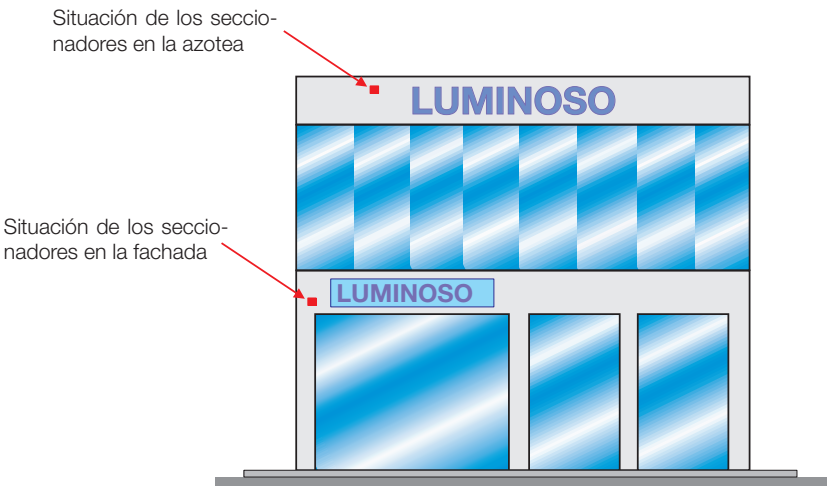


Fig. L6.1-062: *situación de los seccionadores para el corte por emergencia.*

■ En edificios altos.

Si las fuentes luminosas de media tensión están instaladas en la azotea o fachada de un edificio alto (rascacielos), deberán situarse tres dispositivos de mando del seccionamiento:

□ a) Cerca de las fuentes luminosas de media tensión (MT).

□ b) En el panel de control de la seguridad del edificio.

□ c) Al acceso de la calle del personal de mantenimiento del edificio.

■ En soportes propios no adjuntos a edificios.

Si las fuentes luminosas de media tensión están instaladas en soportes no adjun-

tos a edificios, los dispositivos de seccionamiento deben instalarse en un entorno de 3 m y a una altura del suelo de 2,5 m, bien sea:
- Sobre el mismo soporte.
- En el camino de acceso a las fuentes.

La altura de situación con respecto al suelo puede reducirse si se sitúa dentro de una caja en la que se haya de romper un cristal de acceso.

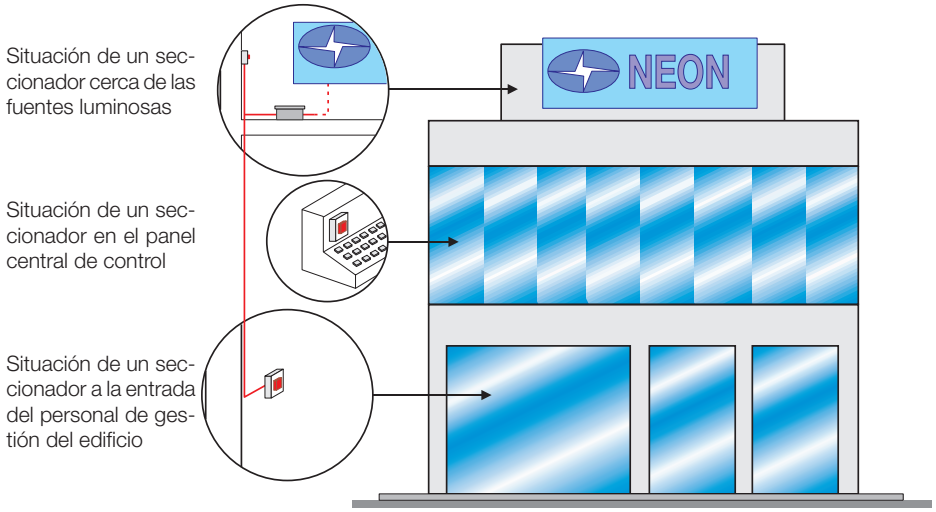


Fig. L6.1-063: *situación de los seccionadores para el corte por emergencia.*

6.1.2.9. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El proyecto de reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT específica sobre el tema, por que está desarrollado en el Real Decreto 1955\2000, pero sí que se pueden empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA

REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.
3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalcaión de alumbrado puede transmitir a la red pública de suministro son: las posibles sobretensiones del secundario al primario, los armónicos, una excesiva energía inductiva si la instalación es muy

grande, actualmente las instalaciones son de poca potencia y el valor de la potencia inductiva es pequeña.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas
Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.
En un alumbrado con paneles de comunicación exteriores, soportados por estructuras metálicas, situados en las azoteas y con puestas a tierra, son puntos de atracción de rayos. Es conveniente la protección con pararrayos atmosféricos convencionales.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.

La protección contra las sobretensiones de la red
Realizar estudios según las instrucciones del apartado 4.1. “Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger”, página H2/249 del 2.º Volumen.

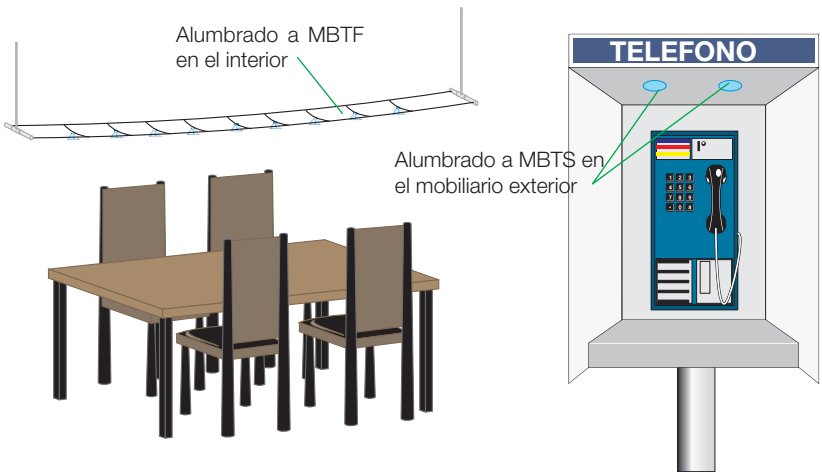
La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión de las fuentes luminosas de descarga con sus equipos de arranque no es muy elevada y su potencia con respecto a la global de la instalación acostumbra a ser muy pequeña, por tanto es más conveniente no realizar una compensación individualizada e incluirla en la general.

El equilibrio entre la potencia aparente y la activa
Los equipos de alumbrado para paneles de media tensión presentan el factor de potencia propio del transformador. Si no son instalaciones de grandes potencias la compensación no se realiza de forma individualizada y la podemos incluir en la compensación global.

6.1.3. Instalaciones eléctricas de alumbrado a muy baja tensión de seguridad (MBTS)

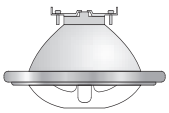
Ver apartado 4.2., página L/169 “Prescripciones eléctricas para instalaciones de alumbrado a muy baja tensión seguridad (MBTS)”.

■ Las instalaciones a muy baja tensión, reguladas en la ITC-BT-44, es una alternativa para zonas con mucha dificultad para obtener una muy buena seguridad en las protecciones contra las corrientes de choque, bien sea por causa de:



□ El ambiente muy mojado (BB3).
□ La gran resistividad del terreno que no permite llegar a valores adecuados de resistencia a las tomas de tierra.
□ La economía; es más económico situar una fuente a MBTF en un local muy húmedo, en contraposición de realizar una toma de tierra para todo un conjunto de una instalación de locales secos.
■ En la parte de alumbrado también podemos considerarla como un circuito que puede atenerse a las circunstancias anteriormente descritas, tanto en alumbrado de mobiliario exterior, como en dependencias interiores de edificios.
■ Las fuentes luminosas del mercado son de 6 o 12 V, aunque la instrucción ITC-BT-36 considere la MBTS hasta los 50 V en CA y 75 V en CC.
■ Las instalaciones se realizan utilizando balastos para grupos de lámparas y situándolos fuera del local que hemos considerado la necesidad de aplicar un circuito de MBTS.
■ Debemos tener en consideración, que si optamos por la instalación de un circuito de MBTS en consonancia con el ambiente del entorno y la necesidad de protección contra los choques eléctricos, que la utilización de balastos individuales, en el mismo punto de luz, nos puede conducir a introducir la tensión de alimentación del balasto en la misma zona donde deseamos obtener una protección por circuito a MBTS y toda la protección obtenida queda en circunstancias adversas e impropias de la opción escogida. En la zona dode hemos considerado la instalación de una MBTS, solamente debe albergar dicha tensión, a no ser que todos los elementos sujetos a una tensión superior en BT sean tratados con un aislamiento popio de los circuitos separados por un doble aislamiento.

Lámparas para circuitos de MBTS

Potencia	Casquillo	Haz	Tensión	
20 W	B 15 D	6º	12 V	
20 W	B 15 D	18º	12 V	
35 W	B 15 D	6º	6 V	
35 W	B 15 D	14º	6 V	
50 W	B 15 D	10º	12 V	
50 W	B 15 D	25º	12 V	
50 W	G 5,3	8º	12 V	
50 W	G 5,3	24º	12 V	
20 W	G 5,3	8º	12 V	
20 W	G 5,3	36º	12 V	
30 W	G 5,3	8º	12 V	
30 W	G 5,3	24º	12 V	
30 W	G 5,3	36º	12 V	
30 W	G 5,3	60º	12 V	
35 W	G 5,3	8º	12 V	
35 W	G 5,3	24º	12 V	
35 W	G 5,3	36º	12 V	
35 W	G 5,3	60º	12 V	
45 W	G 5,3	8º	12 V	
45 W	G 5,3	24º	12 V	
45 W	G 5,3	36º	12 V	
45 W	G 5,3	60º	12 V	

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

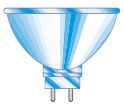
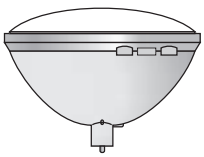
Potencia	Casquillo	Haz	Tensión	
20 W	G 5,3	8º	12 V	
20 W	G 5,3	24º	12 V	
20 W	G 5,3	36º	12 V	
20 W	G 5,3	60º	12 V	
35 W	G 5,3	8º	12 V	
35 W	G 5,3	24º	12 V	
35 W	G 5,3	36º	12 V	
35 W	G 5,3	60º	12 V	
50 W	G 5,3	8º	12 V	
50 W	G 5,3	24º	12 V	
50 W	G 5,3	36º	12 V	
50 W	G 5,3	60º	12 V	
20 W	GU 4	10º	12 V	
20 W	GU 4	30º	12 V	
35 W	GU 4	10º	12 V	
35 W	GU 4	30º	12 V	
20 W	GU 5,3	10º	12 V	
20 W	GU 5,3	36º	12 V	
35 W	GU 5,3	10º	12 V	
35 W	GU 5,3	36º	12 V	
50 W	GU 5,3	10º	12 V	
50 W	GU 5,3	36º	12 V	
50 W	GU 5,3	60º	12 V	
20 W	GY 6,35		12 V	
35 W	GY 6,35		12 V	
50 W	GY 6,35		12 V	
75 W	GY 6,35		12 V	
100 W	GY 6,35		12 V	
10 W G4	G4		12 V	
20 W G4	G4		12 V	
20 W	GY 6,35		12 V	
50 W	GY 6,35		12 V	
300 W	Tornillo		12 V	
120 W	E 27		24 V	

Tabla L6.1-064: *valores de los diferentes tipos de fuentes de alumbrado a MBTF.*

Balastos para las lámparas a MBTF

Pueden utilizarse balastos individuales o para grupos de lámparas.

Balastos electromagnéticos

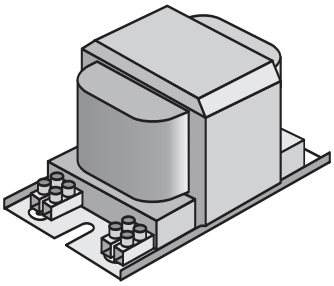


Fig. L6.1-065: *balastos electromagnéticos para fuentes a MBTF.*

Balastos electrónicos

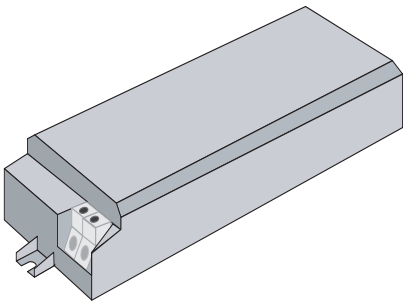


Fig. L6.1-066: *balastos electrónicos para fuentes a MBTF.*

6.1.3.1. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Esta medida consiste en suministrar, a los circuitos de alumbrado, una Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) suministrada desde un transformador de aislamiento BT/MBTS que presenta una seguridad equivalente a un apantallamiento metálico de separación, entre el bobinado primario y el secundario, puesto a tierra. Con tensiones de secundario ⩽ 24 V con símbolo de distinción.

Tres medidas esenciales deben tenerse en cuenta para poder considerar esta medida como satisfactoria para la protección de contactos indirectos

■ Ninguna parte activa de la red de MBTS debe estar conectada a tierra.

■ Las masas de los elementos eléctricos alimentados en MBTS no deben ser conectados a tierra, ni a las masas de otros circuitos, ni a elementos conductores.

■ Las partes activas de circuitos MBTS y los de otros circuitos alimentados con tensiones superiores deben presentar una separación, como mínimo, equivalente a la que corresponde entre un arrollamiento primario y secundario de un transformador de seguridad (doble aislamiento).

Como consecuencia de las medidas precedentes, debemos considerar

■ Los circuitos de MBTS deben emplear conducciones distintas a los de tensiones superiores. En el caso de utilizar conductores multipolares o conducciones aislantes conjuntas, deberán someterse, los conductores de MBTS, a ensayos dieléctricos, con la tensión de utilización de los conductores de las líneas de superior tensión.

■ Las bases y las clavijas de las tomas de corriente no deben tener toma de tierra y deben ser de una configuración diferente a las de tensión superior, para evitar un intercambio fortuito.

Nota: En los casos que la MBTS sea inferior o igual a 24 V, la descripción de las medidas de seguridad sirven para la protección contra los contactos directos.

6.1.3.2. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar dos incidencias térmicas que acostumbran a dar problemas si no se tienen en consideración:

El calentamiento excesivo en la luminaria

■ Los casquillos de las lámparas que obliga a la utilización de conductores resistentes a la temperatura, de como mínimo 125 ºC.
■ Las lámparas desprenden una cantidad de energía térmica que las luminarias deben poder soportar y disipar, cuidado en la elección de las luminarias en función del calor desprendido por la fuente de luz y las temperaturas ambientales a soportar.
En estas gamas las de fuentes que por sí solas hacen la función de luminaria acostumbran a situarse en contacto con el aire del entorno, permitiendo una mejor refrigeración.

Calentamiento en el interior del cuadro de mando y control

Deberemos prever un tipo de cuadro capaz de soportar las inclemencias atmosféricas con grado de protección adecuado a su entorno, pero que permita la evacuación del calor desprendido de la aparamenta, bien sea de forma natural o forzada.
Debemos tener en consideración la capacidad de evacuación del calor de la sala donde se encuentre el alumbrado y el cuadro de mandos.

6.1.3.3. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1, apartado 3. “El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades”, página H1/61 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.
■ 3.2. “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, página H1/74 del 2.º Volumen.
■ 3.2.2. “Determinación de la sección en función de la caída de tensión”, página H1/82 del 2.º Volumen.
■ 3.2.3. “Determinación de la sección en función de las corrientes de cortocircuito”, página H1/88 del 2.º Volumen.
■ 3.2.4. “Los conductores de protección PE”, página H1/108 del 2.º Volumen
■ 3.2.5. “El conductor neutro”, página H1/114 del 2.º Volumen.
Debemos tener en consideración el apartado 20.8. “Protección de líneas de alumbrado TBT”, página J/948 del 3.er Volumen.
Si pretendemos la protección de un alumbrado a MBTS desde la protección del primario debemos tener en consideración la impedancia de la red del secundario que quedará definida con su sección y longitud. Con un ejemplo podremos darnos cuenta de las posibilidades de protección desde el primario.

Ejemplo de protección desde el primario

■ La corriente de cortocircuito en el secundario del transformador BT/BT 400 VA puede valer:

$$Z_S = \frac{U_S^2}{S_T}\,(\text{ucc}\%)$$

$$I_{CCS} = \frac{U_S}{Z_s} = \frac{U_S}{\frac{U_S^2}{S_T}(ucc\%)} = \frac{S_T \cdot 100}{U_{S \cdot UCC\%}} = \frac{400\ VA \cdot 100}{12\ V \cdot 6} = 555\ A$$

■ En el primario, en función de la relación de transformación valdrá:

$U_p \cdot I_p = U_s \cdot I_s$

$$I_{ccp} = \frac{U_s}{U_p} = \frac{12\ V}{230\ V}\ 555\ A = 28{,}95\ A$$

■ La intensidad nominal que circula por el primario será:

$$I_p = \frac{S_T}{U_p} = \frac{400\ V}{230\ V}\ 1{,}74\ A \approx 2\ A$$

Un interruptor automático Multi 9 de tipos C de 2 amperios es adecuado. En función de su característica (C, de 7 a 10 I_n), su valor de desconexión instantánea (I_{mp}) será:

$I_{mp} = 10\ In = 10 \cdot 2 = 20\ A$

En el secundario este valor de desconexión instantánea sera:

$$I_{ms} = \frac{U_p}{U_s} I_{mp} = \frac{230\ V}{12\ V}\ 20\ A = 383{,}3\ A$$

Si incrementamos la impedancia del circuito del secundario la intensidad reflejada en el primario disminuirá y el interruptor automático no desconectará de forma instantánea, por tanto solamente esta protección cumple su función hasta un valor determinado de la impedancia. Esta impedancia estará en función de la impedancia de la línea y ésta en función de su sección y longitud, por tanto la protección solamente cumplirá su función hasta una relación de valores de su sección y longitud (para el caso que nos ocupa, secciones inferiores a 70 mm^2 la reactancia de la red es despreciable, solamente tendremos en consideración su resistencia):

$$Z_{ls} \cong R_{ls} = \frac{U_s}{I_{ms}} - \frac{U_s}{I_{ccs}} = \frac{12\ V}{383\ A} - \frac{12\ V}{555\ A} = 0{,}097\ \Omega = 9{,}7\ m\Omega$$

Para esta resistencia máxima que puede atender el interruptor automático le corresponderán una serie de posibilidades de líneas en función de la sección y la longitud:

$$L \leq \frac{R_{ls}\ (m\Omega) \cdot S\ (mm^2)}{2 \cdot 22{,}5\ (\mu\Omega \cdot mm)}$$

Para una sección de 6 mm^2 tendremos:

$$L \leq \frac{9{,}7\ (m\Omega) \cdot 6\ (mm^2)}{2 \cdot 22{,}5\ (\mu\Omega \cdot mm)} = 1{,}3\ m$$

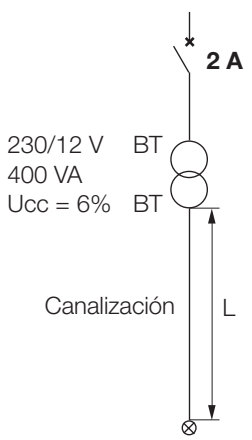


Fig. L6.1-067: *esquema de la impedancia máxima protegida por un interruptor automático en el primario.*

Determinación de los materiales de protección

En el capítulo H2, apartado 3. "La aparamenta de protección contra las sobreintensidades", página H2/41 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.

6.1.3.4. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H2, apartado 4. "Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones", página H2/249 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones.
También encontrará ejemplos para alumbrados situados en el interior de viviendas y en el exterior.
Debemos tener en consideración que estamos tratando de una instalación de Muy Baja Tensión de Seguridad y todas las medidas para garantizar la seguridad son pocas, por tanto es muy conveniente situar descargadores de sobretensiones en la alimentación de la instalación.

6.1.3.5. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En una red de alumbrado a MBTS deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo a las precauciones expresadas en el capítulo F, apartado 5.3 "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/103 del 1.er Volumen y en el capítulo H1, apartado 5. "Las medidas de protección contra las influencias electromagnéticas (CEM)", página H1/197 del 2.º Volumen.
Por regla general el alumbrado realizado con fuentes de MBTS son circuitos de poca potencia y normalmente no son ellos los generadores de interferencias pero pueden estar situados en un campo parásito y ser receptores de interferencias electromagnéticas. Puede ser muy importante la CEM en los cuadros de mando de las instalaciones de alumbrado exterior, y por tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8. "Los cuadros eléctricos y la CEM", página F/152 del 1.er Volumen, y el apartado "Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones transitorias", página H2/262 del 2.º Volumen.

6.1.3.6. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

■ En función de las fuentes de alumbrado las bajadas de tensión son acusadas de forma perjudicial para los materiales, en el efecto de perjudicar su vida.
■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.
No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.
■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.
■ En el caso de que tengamos unos determinados puntos luz en zonas muy críticas que un fallo de alumbrado puede causar situaciones peligrosas para las personas, es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI (ver capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)" 3.er Volumen.

6.1.3.7. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

En la alimentación del primario

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento, recambio de lámparas...).
Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN-C.

■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.
■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno de los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conductor deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados.
Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez.
■ En la práctica, uno o dos dispositivos de seccionamiento deben ser previstos:
□ Al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.
□ En el cofre al pie de cada farol.
■ En el último caso el seccionamiento puede ser asegurado:
□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte bipolar.
□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

En el secundario

Si podemos cortar el primario no es necesario cortar el secundario.
Si la tensión del secundario es de 12 V es muy difícil que pueda causar ningún efecto al cuerpo humano pero tampoco podemos garantizar que la persona implicada en la acción presente un metabolismo mínimo para no sufrir ningún efecto, por tanto siempre que se pretenda realizar una operación en el secundario es recomendable aplicar el seccionamiento del primario.

6.1.3.8. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El proyecto de reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT específica sobre el tema, por que está desarrollado en el Real Decreto 1955l2000, pero sí que se pueden empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA
REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.
3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalación de alumbrado MBTF puede transmitir a la red pública de suministro son: los armónicos, una excesiva energía inductiva, producida por los balastos.

La protección contra las sobretensiones de la red
Estudio según las instrucciones del apartado 4.1. "Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger", página H2/249 del 2.º Volumen.
Ya ha estado expuesto.

La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión de las fuentes luminosas de descarga con sus equipos de arranque no es muy elevada, pero debemos diferenciar la utilización de balastos electrónicos o electromagnéticos.

Los balastos electomagnéticos
Su incidencia en armónicos es pequeña, la propia de un transformador y teniendo en cuenta que las potencias son pequeñas es aconsejable tratarlos en la consideración del conjunto de la instalación.

Los balastos electrónicos
En función del tipo de esquema del balasto puede llegar a distorsiones del 93% en las que se destaca el armónico tercero H3 con un 78%, el quinto H5 con un 44% y el séptimo H7 con un 17%.
Según la reglamentación, un elemento que supere el 8% global tolerado en la norma UNE-EN 50160 debe compensarse. Deberemos compensar estos armónicos con un compensador activo SineWave THM.

El ahorro de consumo
La ITC-BT-09 solicita la implantación de técnicas para el ahorro energético:

Intensidades lumínicas adecuadas a la función
El estudio del control energético y las técnicas que Schneider Electric ofrece las hemos comentado en el capítulo K y, por su importancia y extensión, han ocupado todo el 4.º Volumen de este manual.

El equilibrio entre la potencia aparente y la activa
La relación entre la potencia aparente y la activa es la propia de un transformador que se sitúa del orden de un cos φ del 0,8. En función de la potencia total instalada puede ser importante pero en instalaciones de alumbrado a MBTF por regla general no son de grandes potencias y es aconsejable tratarlo con el conjunto de la instalación.

Las instalaciones de alumbrado en general están reguladas por la ITC-BT-44.
Las instalaciones de alumbrado exterior están reguladas por la ITC-BT-09.
Las instalaciones de alumbrado de luminosos a media tensión (MT) están reguladas en la ITC-BT-44.
Las instalaciones de alumbrado a Muy Baja Tensión están reguladas en la ITC-BT-44.
Las instalaciones de alumbrado de emergencia están comprendidas en la ITC-BT-28, Instalaciones en Locales de Pública Concurrencia. Las cuales se desarrollarán en el momento de especificar las instalaciones de pública concurrencia y las destinadas a los locales receptores de personal.
Para todos los temas de alumbrado se dispone del capítulo J, apartado 20. "Aparamenta para circuitos de alumbrado." del 3.er Volumen, que permite definir los materiales y sus aplicaciones.

6.1.4. Consideraciones generales sobre las instalaciones para alumbrado

Luminarias suspendidas a través de un cable flexible

La indicación del peso y la tensión máxima a soportar por un cable flexible es de: 5 kg, una tensión de 15 N/mm^2 y una tensión de como mínimo 300 V.
En la elección del cable debemos tener en consideración que el conductor pueda satisfacer estas características.

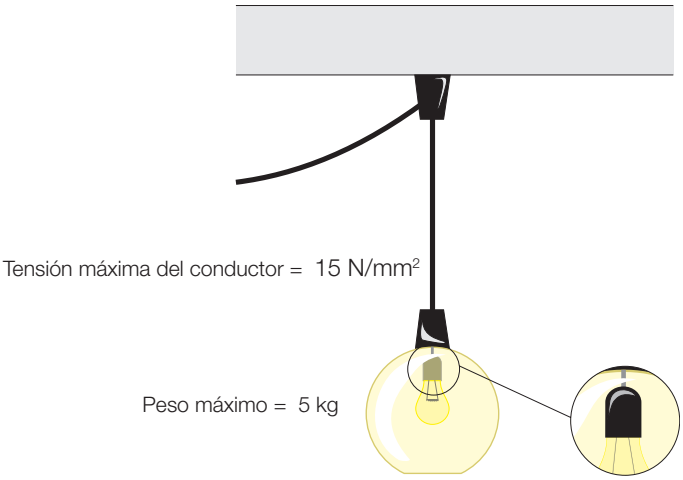


Fig. L6.1-068: *luminarias suspendidas.*

Conexiones de los portalámparas

Las conexiones de los portalámparas deben poder soportar la temperatura que se genera en ellos, como mínimo deben ser conductores capaces de soportar 125 ºC.
En los portalámparas con contacto cenital y lateral el conductor de fase o polar debe conectarse al contacto cenital y el neutro al del lateral.

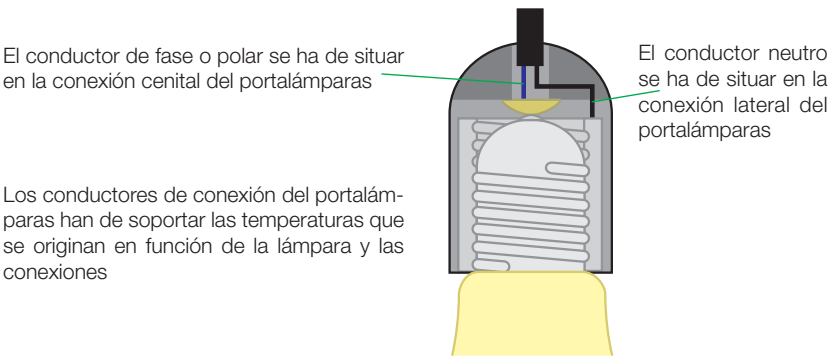


Fig. L6.1-069: *conexión de los portalámparas.*

Puesta a tierra de las luminarias

Las luminarias de Clase II y Clase III no deben ser conectadas a una red equipotencial de puesta a tierra, pero para la luminarias de Clase I es imprescindible realizar la conexión de puesta a tierra.

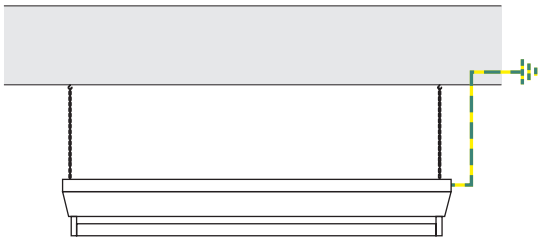


Fig. L6.1-070: *puesta a tierra de las luminarias.*

Las lámpara de descarga de media tensión

La lámparas de descarga de media tensión la hemos descrito en el apartado 6.1.2. “Instalaciones eléctricas de alumbrado en locales de baja tensión para elementos de media tensión”, página L/317. Pero debemos tener en consideración que la instrucción ITC-BT-44 prohíbe situarlas en viviendas domésticas.

Está prohibido el uso doméstico en viviendas de las lámparas de MT

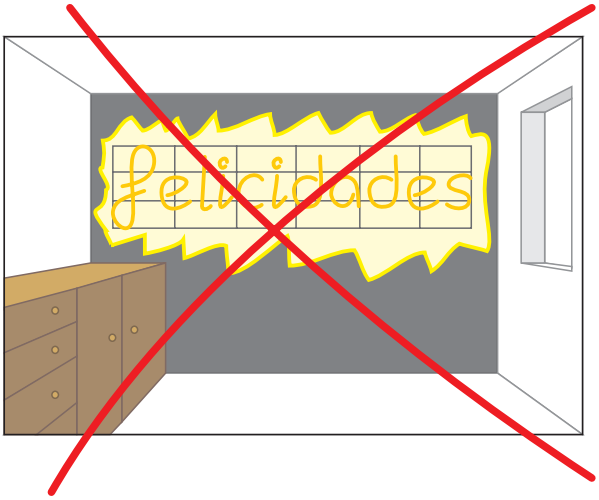


Fig. L6.1-071: *instalaciones de lámparas de descarga a MT en viviendas.*

Instalaciones de lámparas de descarga, efecto estroboscópico

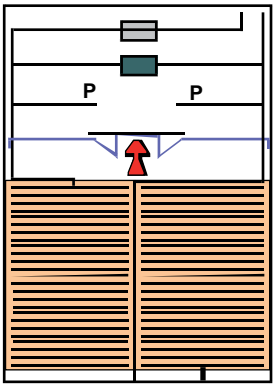
Debemos tener en consideración el efecto estroboscópico de las lámparas de descarga sobre todo en instalaciones donde existan elementos en movimiento de traslación o rotación. Ver el apartado 4.3. “Las perturbaciones por fluctuación, flicker”, página K4/256 del 4.º Volumen.

Independientemente de las consideraciones de los flickers debemos tener una gran consideración a la vida útil de las lámparas de descarga o debemos prolongar su instalación porque en el tramo final de su vida son generalmente generadoras del efecto estroboscópico.

Instalaciones de lámparas de descarga, factor de potencia

Debemos procurar compensar de forma individual el factor de potencia de cada punto luz hasta un cos φ como mínimo de 0,9.

En la instalación de los condensadores de compensación individual éstos deberán llevar una resistencia de descarga que asegure que la tensión en bornes del condensador no sea superior a 50 V transcurridos 60 segundos después de la desconexión de la lámpara.



Fusible de protección

Resistencia de descarga
Contacto de protección activado por la membrana detectora de presión

Fuerza de actuación de la sobrepresión interna

Condensador

Fig. L6.1-072: *resistencia de descarga de los condensadores.*

INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR ITC-BT-09

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta instrucción complementaria, se aplicará a las instalaciones de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado, tales como autopistas, carreteras, calles, plazas, parques, jardines, pasos elevados o subterráneos para vehículos o personas, caminos, etc. Igualmente se incluyen las instalaciones de alumbrado para cabinas telefónicas, anuncios publicitarios, mobiliario urbano en general, monumentos o similares así como todos receptores que se conecten a la red de alumbrado exterior. Se excluyen del ámbito de aplicación de esta instrucción la instalación para la iluminación de fuentes y piscinas y las de los semáforos y las balizas, cuando sean completamente autónomos.

2. ACOMETIDAS DESDE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

La acometida podrá ser subterránea o aérea con cables aislados, y se realizará de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora, aprobadas según lo previsto en este Reglamento para este tipo de instalaciones.
La acometida finalizará en la caja general de protección y a continuación de la misma se dispondrá del equipo de medida.

3. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Las líneas de alimentación a puntos luz con lámparas de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.
Cuando se conozca la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.
Además de lo indicado en párrafos anteriores, el factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.
Con el fin de conseguir ahorros energéticos y siempre que sea posible, las instalaciones de alumbrado público se proyectarán con distintos niveles de iluminación, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación.

4. CUADROS DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL

Las líneas de alimentación a los puntos luz y de control, cuando existan, partirán desde un cuadro de protección y control; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobreinten-

sidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contra corrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ω. No obstante se admitirán interruptores diferenciales de intensidad máxima de 500 mA o 1 A, siempre que la resistencia de puesta a tierra medida en la puesta en servicio de la instalación sea inferior a 5 Ω y a 1 Ω, respectivamente.
Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o fotoeléctricos, se dispondrá además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.
La envolvente del cuadro, proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20324 e IK10 según UNE-EN 50102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2 m y 0,3 m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.
Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

5. REDES DE ALIMENTACIÓN

5.1. Cables

Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensiones nominales de 0,6 /1 kV.
El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

5.2. Tipos

5.2.1. Redes subterráneas

Se emplearán sistemas y materiales análogos a los de las redes subterráneas de distribución reguladas en la ITC-BT-07. Los cables serán de las características especificadas en la UNE 21123, e irán entubados; los tubos para canalizaciones subterráneas deben ser los indicados en la ITC-BT-21 y el grado de protección mecánica el indicado en dicha instrucción, y podrán ir hormigonados en zanja o no. Cuando vayan hormigonados el grado de resistencia al impacto será ligero según UNE-EN 50086-2-4.
Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60 mm.
Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado público, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 0,10 m y A 0,25 m por encima del tubo.
En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.
La sección mínima a emplear en los conductores de los

cables, incluido el neutro, será de 6 mm^2. En distribuciones trifásicas tetrapolares, para conductores de fase de sección superior a 6 mm^2, la sección del neutro será conforme a lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-07.
Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 0,3 m sobre el nivel del suelo o en una arqueta registable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

5.2.2. Redes aéreas
Se emplearán los sistemas y materiales adecuados para las redes aéreas aisladas descritas en la ITC-BT-06.
Podrán estar constituidas por cables posados sobre fachadas o tensados sobre apoyos. En este último caso, los cables serán autoportantes con neutro fiador o con fiador de acero.
La sección mínima a emplear, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm^2. En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm^2, la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase. En caso de ir sobre apoyos comunes con los de una red de distribución, el tendido de los cables de alumbrado será independiente de aquel.

5.2.3. Redes de control y auxiliares
Se emplearán sistemas y materiales similares a los indicados para los circuitos de alimentación, la sección mínima de los conductores será 2,5 mm^2.

6. SOPORTES DE LUMINARIAS

6.1. Características
Los soportes de las luminarias del alumbrado exterior, se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89). Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra estas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación.
Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.
Los soportes que lo requieran, deberán poseer una abertura de dimensiones adecuadas al equipo eléctrico para acceder a los elementos de protección y maniobra; la parte inferior de dicha abertura estará situada, como mínimo, a 0,30 m de la rasante, y estará dotada de puerta o trampilla con grado de protección IP44 según UNE 20324 (EN 60529) e IK10 según UNE-EN 50102. La puerta o trampilla solamente se podrá abrir mediante el empleo

de útiles especiales y dispondrá de un borne de tierra cuando sea metálica.
Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijadas o incorporadas a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección y maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado o en el interior de la obra de fábrica.
Cuando por su situación o dimensiones, las columnas fijadas o incorporadas a obras de fábrica no permitan la instalación de los elementos de protección y maniobra en la base, podrán colocarse éstos en la parte superior, en lugar apropiado o en el interior de la obra de fábrica.

6.2. Instalación eléctrica
En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos:
– Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm^2, y de tensión nominal de 0,6 / 1 kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
– En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
– La conexión de los materiales, estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

7. LUMINARIAS

7.1. Características
Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes a la norma UNE-EN 60598-2-3 y la UNE-EN 60598-2-5 en el caso de proyectores de exterior.

7.2. Instalación eléctrica de las luminarias suspendidas
La conexión se realiza mediante cables flexibles, que penetren en la luminaria con holgura suficiente para evitar que las oscilaciones de ésta provoquen esfuerzos perjudiciales en los cables y en los terminales de conexión, utilizándose dispositivos que no disminuyan el grado de protección de luminaria IPx3 según UNE 20324.
La suspensión de las luminarias se hará mediante cables de acero protegido contra la corrosión, de sección suficiente para que posea una resistencia mecánica con coeficiente de seguridad de no inferior a 3,5. La altura mínima sobre el nivel del suelo será de 6 m.

8. EQUIPOS ELÉCTRICOS DE LOS PUNTOS LUZ

Podrán ser de tipo interior o exterior, y su instalación será la adecuada al tipo utilizado.
Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE 20324 e IK8 según UNE-EN 50102, e irán montados a una altura míni-

ma de 2,5 m sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente.
Cada punto luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; asimismo deberá estar protegido contra sobreintensidades.

9. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Las luminarias serán de Clase I o de Clase II.
Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general. Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público, se requerirá el empleo de útiles especiales. Todas las estructuras metálicas que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior deberán estar unidas equipotencialmente entre sí. Será necesario comprobar si estos elementos metálicos pueden transferir tensiones peligrosas a puntos alejados (por ejemplo vallas metálicas), en cuyo caso deben tomarse las medidas adecuadas para evitarlo, mediante aislamiento de una de las partes simultáneamente accesibles, mediante juntas aislantes, mediante puestas a tierra separadas de las estructuras metálicas u otras medidas, si fuera necesario.
Cuando las luminarias sean de Clase I, deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante cable unipolar aislado de tensión nominal 450/750 V con cubierta de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm^2 en cobre.

10. PUESTAS A TIERRA

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).
La puesta a tierra de los soportes se podrá realizar por conexión a red de tierra común y/o por puesta a tierra de cada una de ellas.
La línea de enlace de cada soporte con el electrodo o la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión nominal 450/750 V, con cubierta de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm^2 de cobre.
En el caso de disponer de una red de tierra común, los conductores que unen los electrodos deberán ser:
– Desnudos, de cobre, de 35 mm^2 de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
– Aislados, mediante cables de tensión nominal 450/750 V, con cubierta de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm^2 para redes subte-

rráneas, y de igual sección que los conductores de fase para redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.
En las redes de tierra, se instalarán como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.
Todas las conexiones de los circuitos de tierra, se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO. ITC-BT-44

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a las instalaciones de receptores para alumbrado (luminarias). Se entiende como receptor para alumbrado, el equipo o dispositivo que utiliza la energía eléctrica para la iluminación de espacios interiores o exteriores.
En la instrucción no se incluyen prescripciones relativas al alumbrado exterior recogido en la ITC-BT-09 ni al alumbrado de emergencia en locales de pública concurrencia recogido en la ITC-BT-28.

2. CONDICIONES PARTICULARES PARA LOS RECEPTORES PARA ALUMBRADO Y SUS COMPONENTES

2.1. Luminarias

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

2.1.1. Suspensiones y dispositivos de regulación

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión. La sección nominal total de los conductores de los que la luminaria esta suspendida será tal que la tracción máxima a la que estén sometidos los conductores sea inferior a 15 N/mm^2.

2.1.2. Cableado interno

La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V.
Además los cables serán de características adecuadas a la utilización prevista, siendo capaces de soportar la temperatura a la que puedan estar sometidas.

2.1.3. Cableado externo

Cuando la luminaria tiene la conexión a la red en su interior, es necesario que el cableado externo que penetra en ella tenga el adecuado aislamiento eléctrico y térmico.

2.1.4. Puesta a tierra

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24.

2.2. Lámparas

Queda prohibido el uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (como por ejemplo neón) en el interior de las viviendas.

En el interior de locales comerciales y en el interior de edificios, se permitirá su instalación cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras, tal como se define en la ITC-BT-24.

2.3. Portalámparas

Deberán ser de los tipos, formas y dimensiones especificados en la norma UNE-EN 60061-2.

Cuando en la misma instalación existan lámpara que han de ser alimentadas a distintas tensiones, se recomienda que los portalámparas respectivos sean diferentes entre sí, según el circuito al que deban ser conectados.

Cuando se empleen portalámparas con contacto central, debe conectarse a éste el conductor de fase o polar, y el neutro al contacto correspondiente a la parte exterior.

3. CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LOS RECEPTORES PARA ALUMBRADO

3.1. Condiciones generales

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Las partes metálicas accesibles de los receptores de alumbrado que no sean de Clase II o Clase III, deberán conectarse de forma fiable y permanente al conductor de protección del circuito. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y

las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.
En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9 y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que se dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

3.2. Condiciones específicas

Para instalaciones que alimenten tubos luminosos de descarga con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 kV y 10 kV, se aplicará lo dispuesto en la UNE-EN 50107. No obstante, se considerarán como instalaciones de baja tensión las destinadas a lámparas o tubos de descarga, cualquiera que sean las tensiones de funcionamiento de éstas, siempre que constituyan un conjunto de unidad con los transformadores de alimentación y demás elementos, no presenten más que conductores de conexión en baja tensión y dispongan de barreras o envolventes con sistema de enclavamiento adecuados, que impidan alcanzar partes interiores del conjunto sin que sea cortada automáticamente la tensión de alimentación al mismo.
La protección contra los contactos directos e indirectos se realizará, en su caso, según los requisitos indicados en la instrucción ITC-BT-24.
La instalación irá provista de un interruptor de corte omnipolar, situado en la parte de baja tensión. Queda prohibido colocar interruptor, conmutador, seccionador o cortocircuito en la parte de instalación comprendida entre las lámparas y su dispositivo de alimentación.
Todos los condensadores que formen parte del equipo auxiliar eléctrico de las lámparas de descarga para corregir el factor de potencia de los balastos, deberán llevar conectada una resistencia que asegure que la tensión en bornes del condensador no sea mayor de 50 V transcurridos 60 s desde la conexión del receptor.

4. UTILIZACIÓN DE MUY BAJAS TENSIONES PARA ALUMBRADO

En las caldererías grandes, depósitos metálicos, cascos navales, etc y, en general, en lugares análogos, los aparatos de iluminación portátiles serán alimentados con una tensión de seguridad no superior a 24 V, excepto si son alimentados por medio de transformadores de separación. En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

5. RÓTULOS LUMINOSOS

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50107.

INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN. ITC-BT-36

1. GENERALIDADES

A los efectos de la presente instrucción se consideran tres tipos de instalaciones a muy baja tensión: Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS); Muy Baja Tensión de Protección (MBTP) Y Muy Baja Tensión Funcional (MBTF).
Las instalaciones a Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) comprende aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en CA, o 75 V en CC, alimentadas mediante una fuente con aislamiento de protección, tales como un transformador de seguridad conforme a la norma UNE-EN 60472 o UNE-EN 61668-2-4 o fuentes equivalentes, cuyos circuitos disponen de aislamiento de protección y no están conectados a tierra. Las masas no deben estar conectadas intencionadamente a tierra o a un conductor de protección.
Las instalaciones a Muy Baja Tensión Funcional comprenden aquellas cuya tensión nominal no excede de 50 V en CA o 75 V en CC, y que no cumplen los requisitos de MBTS ni de MBTP. Este tipo de instalaciones bien, están alimentadas por una fuente sin aislamiento de protección, tal como fuentes con aislamiento principal, o bien sus circuitos no tienen aislamiento de protección frente a otros circuitos. La protección contra los choques eléctricos de este tipo de instalaciones deberá realizarse conforme a lo establecido en la ITC-BT-24, para circuitos distintos de MBTS o MBTP.

2. REQUISITOS GENERALES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE SEGURIDAD (MBTS) Y MUY BAJA TENSIÓN DE PROTECCIÓN (MBTP)

2.1. Fuente de alimentación

Estas instalaciones deben estar alimentadas mediante una fuente que incorpore:
– Un transformador de aislamiento de seguridad conforme a la UNE-EN 60742. Para el caso de la MBTP, el transformador puede ser con aislamiento principal con pantalla de separación entre primario y secundario puesta a tierra, siempre que exista un sistema de protección en el circuito primario por corte automático de la alimentación.
– Una fuente corriente que asegure un grado de protección equivalente al del transformador de seguridad anterior (por ejemplo, un motor-generador con devanados con separación equivalente).
– Una fuente electroquímica (pilas acumuladores), que no dependa o que esté separada con aislamiento de protección de circuitos a MBTF o de circuitos de tensión más elevada.
– Otras fuentes que no dependan de la MBTF o circuitos de tensión más elevada, por ejemplo grupos electrógeno.
– Determinados dispositivos electrónicos en los cuales se han adoptado medidas para que, en caso de primer defecto, la tensión de salida no supere los valores correspondientes a Muy Baja Tensión.

Cuando la intensidad de cortocircuito en los bornes del circuito de utilización de la fuente de energía sea inferior a la intensidad admisible en los conductores que forman este circuito, no será necesario instalar en su origen dispositivos de protección contra sobreintensidades.

2.2. Condiciones de instalación de los circuitos

La separación de protección entre los conductores de cada circuito MBTS o MBTP y los de cualquier otro circuito, incluidos los de MBTF, debe ser realizada por una de las disposiciones siguientes:

– La separación física de los conductores.

– Los conductores de los circuitos de muy baja tensión MBTS o MBTP, deben estar provistos, además de su aislamiento principal, de una cubierta no metálica.

– Los conductores de los circuitos a tensiones diferentes, deben estar separados entre sí por una pantalla metálica conectada a tierra o por una vaina metálica conectada a tierra.

– Un cable multiconductor o un agrupamiento de conductores, puede contener circuitos de tensiones diferentes, siempre que los conductores de los circuitos MBTS o MBTP estén aislados, individualmente o colectivamente, para la tensión más alta que tienen que soportar.

Las tomas de corriente de los circuitos de MBTS MBTP deben satisfacer las prescripciones siguientes:

– Los conectores no deben poder entrar en las bases de toma de corriente alimentadas por otras tensiones.

– Las bases deben impedir la introducción de conectores concebidos para otras tensiones.

– Las bases de enchufe de los circuitos MBTS no deben llevar contacto de protección, las de los circuitos MBTP si pueden llevarlo.

– Los conectores de los circuitos MBTS, no deben poder entrar en las bases de los enchufes MBTP.

– Los conectores de los circuitos MBTP, no deben poder entrar en las bases de enchufe MBTS.

A todos los efectos, un circuito MBTF se considera siempre como circuito de tensión diferente.

No es necesario en este tipo de instalaciones seguir las prescripciones fijadas en la instrucción ITC-BT-19 para identificación de los conductores ni seguir las prescripciones de la instrucción ITC-BT-06 para los requisitos de distancia de conductores al suelo y la separación mínima entre ellos.

Los cables enterrados se situarán entre dos capas de arena o de tierra cribada, de 10 a 15 centímetros de espesor. Cuando los cables no presenten una resistencia mecánica suficiente, se colocarán en el interior de conductos que los protejan convenientemente.

Para las instalaciones de alumbrado, la caída de tensión entre la fuente de energía y los puntos de utilización, no será superior al 5%.

3. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE SEGURIDAD (MBTS)

Las partes activas de los circuitos de MBTS no deben ser conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos diferentes.
Las masas no deben conectarse intencionadamente ni a tierra, ni a conductores de protección o masas de circuitos diferentes, ni a elementos conductores. No obstante, para los equipos que, por su disposición, tengan conexiones francas a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a 50 V en corriente alterna o 75 V en corriente continua.
Por otro lado, si hay masas de circuitos MBTS que son susceptibles de ponerse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS, sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.
Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25 V en corriente alterna o &0 V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos mediante uno de los métodos siguientes:
– Por barreras o envolventes que presenten como mínimo un grado de protección IP2x; o IPxx según UNE 20324.
– Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 voltios durante un minuto.
Para tensiones inferiores a las anteriores no se requiere protección alguna contra contactos indirectos, salvo para determinadas condiciones de influencias externas.
La corriente continua sin ondulación es aquella en la que el porcentaje de ondulación no supera el 10% del valor eficaz.

4. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES A MUY BAJA TENSIÓN DE PROTECCIÓN (MBTP)

La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada:
– Por barreras o envolventes que presenten como mínimo un grado de protección IP2x; o IPxxB según UNE 20324.
– Por un aislamiento que pueda soportar una tensión de 500 voltios durante un minuto.
No obstante, no se requiere protección contra los contactos directos para equipos situados en el interior de un edificio en el cual las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles, estén conectados a la misma toma de tierra y si la tensión nominal no es superior a:
– 25 V eficaces en corriente alterna o 60 V en corriente continua sin ondulación, siempre y cuando el equipo se utilice únicamente en emplazamientos secos, y no se prevean contactos francos entre partes activas y el cuerpo humano o de un animal.
– 6 V eficaces en corriente alterna o 15 V en corriente continua sin ondulación, en los demás casos.

6.2. Instalaciones eléctricas en zonas con agua

ITC-BT-30-1/2/3

6.2.1. Generalidades

Los estudios realizados por la IEC sobre el comportamiento del cuerpo humano en contacto con la electricidad y en función de la situación del cuerpo humano con respecto el agua (seco - BB1, húmedo - BB2 y mojado - BB3), nos permite clasificar las instalaciones eléctricas al entorno del agua en función del estado del cuerpo humano con respecto a la misma agua (ver apartado 8. "Las influencias externas", Tabla F8-001, página F/336 del 1.er Volumen y el apartado 1.1. "Choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen).

Clasificación de las instalaciones eléctricas en zonas con agua

Especificaremos las características particulares de cada una de las siguientes especialidades de instalaciones en zonas con agua.

Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3)

- Instalaciones eléctricas en servicios, baños, duchas y balnearios.
- Instalaciones eléctricas en saunas.
- Instalaciones eléctricas en piscinas, estanques y fuentes.

Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano puede estar o está húmedo (BB2)

- Instalaciones eléctricas en cocinas.
- Instalaciones eléctricas en lavabos y WC.
- Instalaciones eléctricas en tratamiento de aguas y envasado.
- Instalaciones eléctricas en zonas de extrusión de líquidos o de elaboración de productos con agua, que no tengan más incidencia que la humedad y que no sean productos tóxicos, inflamables o explosivos.
- Instalaciones eléctricas frigoríficas y pistas de hielo.

Las instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está seco (BB1)

Se consideran de tipo general.

Las instalaciones eléctricas domésticas y de recreo en las zonas en contacto con el agua del mar

Instalaciones eléctricas en marinas y barcos de recreo.

Normas que contemplan estas instalaciones

Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 7.ª: reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales

- Sección 701: locales que contengan una bañera o una ducha - UNE 20460-7-701.
- Sección 702: piscinas y fuentes - UNE 20460-7-702.
- Sección 703: locales que albergan radiadores para saunas - UNE 20460-7-703.
- Sección 709: instalaciones marinas y en barcos de recreo - UNE 20460-7-709.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

Instrucciones técnicas complementarias - Baja Tensión

- ITC-BT-27. Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha.

■ ITC-BT-30. Instalaciones en locales de características especiales.
■ ITC-BT-31. Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes.
■ ITC-BT-42. Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo.
■ ITC-BT-50. Instalaciones eléctricas que contienen radiadores para saunas.

ITC-BT-27
ITC-BT-30
ITC-BT-31

6.2.2. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar mojado (BB3)

6.2.2.1. Consideraciones de los volúmenes afectados por instrucciones de seguridad

Para poder delimitar las zonas de riesgo, en función de la situación del cuerpo humano con respecto el agua, y el posible contacto de éste con elementos o masas conductoras o circunstancialmente conductoras, especificaremos unos volúmenes con diferentes grados de probabilidad de riesgo, y determinaremos las instalaciones y los materiales posibles en estos volúmenes para minimizar la probabilidad de una acción peligrosa. Debemos tener una consideración específica en las instalaciones en balnearios e instalaciones deportivas, en las que existen zonas de servicios colectivos, los cuales no están especificados como tales en la normativa y reglamentación. Podemos tratarlas como zonas de uso individualizado y zonas de mayor volumen de uso colectivo:

■ Zonas de uso colectivo.

Las instalaciones eléctricas para usos colectivos, en los balnearios y zonas deportivas, podemos equipararlas con las condiciones que la normativa y la reglamentación especifican para las instalaciones eléctricas en los volúmenes 0 y 1 de las piscinas y estanques.

■ Zonas de uso individualizado.

Las instalaciones de bañeras o duchas terapéuticas podemos equipararlas con las condiciones que la normativa y la reglamentación especifican para las instalaciones eléctricas en las bañeras y duchas domésticas.

■ Par las instalaciones eléctricas en servicios, baños, duchas y zonas de uso individualizado. En el apartado 4.3 “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales con un baño o una ducha”, página L/173, hemos expuesto el espíritu de la norma UNE-EN 20460-7-701. En la página L/447, encontraremos la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Baja Tensión ITC-BT-27. “Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha”, que concreta la ejecución de las instalaciones en dichos locales.

ITC-BT-27

Volúmenes o zonas de seguridad

Salas con bañeras o duchas individuales - UNE 20460-7-701

Las salas de baño o duchas tanto de tipo individual en instalaciones domésticas o públicas, como de tipo colectivo en balnearios o instalaciones deportivas, presentan cuatro volúmenes o zonas de seguridad, de las cuales deberemos diferenciar:

En las bañeras: – Si existen muros de separación o no.
En las duchas: – Si existen muros de separación o no.
– Si existe plato de ducha o no.

■ Volúmenes:

□ Volumen 0, es el volumen del interior de la bañera o plato de ducha.

□ Volumen 1, se sitúa por encima del volumen 0 limitado por:

– De una parte por el plano circundante a la bañera o ducha. ¡Atención! Si en la bañera o ducha se dispone de un difusor de agua con conducto flexible, la distancia del entorno se considera a 1,2 m del punto fijo del conducto flexible.

– De otra por un plano paralelo al fondo de la bañera a una altura de 2,25 m del suelo o del fondo de la bañera si éste está situado a más de 0,15 m del suelo.

□ Volumen 2, se sitúa contiguo al volumen 1 y queda limitado por:
– De una parte por la superficie vertical del volumen 1 y una superficie paralela a ella a 0,60 m de la primera.
– De otra por el mismo plano del volumen 1, paralelo al fondo de la bañera a una altura de 2,25 m del suelo o del fondo de la bañera si éste está situado a más de 0,15 m del suelo.
□ Volumen 3, se sitúa contiguo al volumen 2 y queda limitado por:
– De una parte por la superficie vertical del volumen 2 y una superficie paralela a ella a 2,40 m de la primera.
– De otra por el mismo plano del volumen 2, paralelo al fondo de la bañera a una altura de 2,25 m del suelo o del fondo de la bañera si éste está situado a más de 0,15 m del suelo.
– De otra el espacio situado por encima del volumen 2 es considerado como volumen 3.
El espacio situado por debajo de la bañera forma parte del volumen 1 descrito por la instrucción ITC-BT-27. Pero si estre espacio está cerrado y solamente es accesible por medio de una trampilla (registro), que sólo se pueda abrir con un útil o una llave, en estas circunstancias se considera que forma parte del volumen 3. Esta consideración no se aplica a las bañeras de hidromasaje que deben cumplir la IEC 60335-7-60.

■ Habitaciones con una bañera.

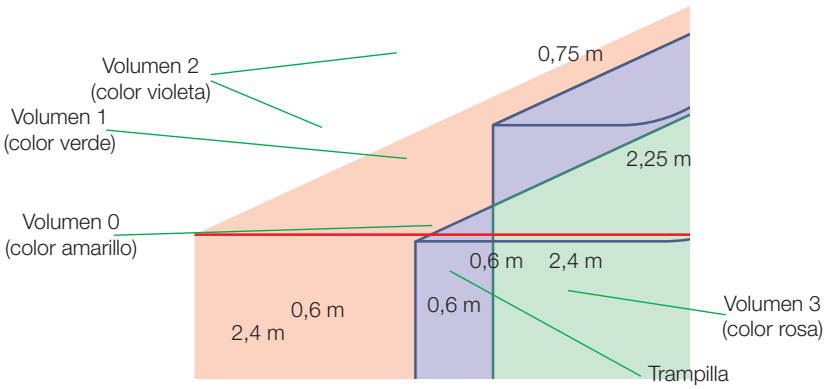


Fig. L6.2-001: *delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con bañera.*

■ Habitaciones con una bañera y muro de compartimentación.

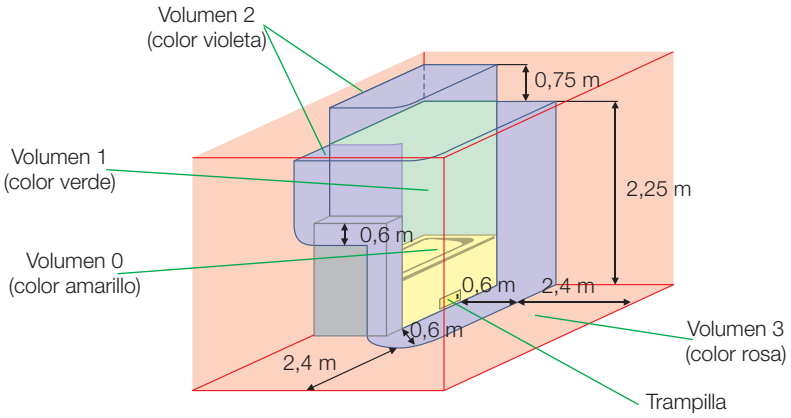


Fig. L6.2-002: *delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con bañera y muro de compartimentación.*

■ Habitaciones con una ducha con plato.

A: si el difusor es fijo el valor de A es el correspondiente al plato de la ducha y si es móvil (flexible) 1,2 m
Nota: se pretende cubrir toda la prolongación

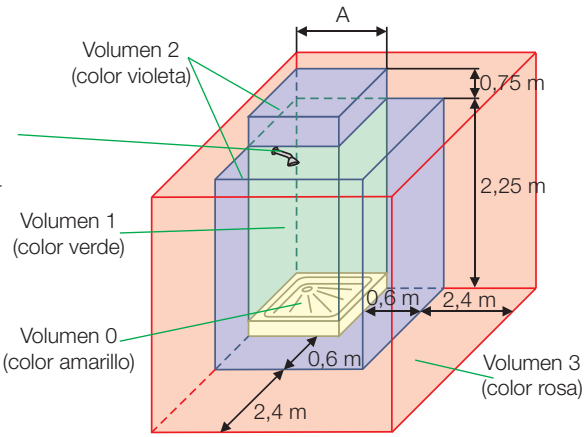


Fig. L6.2-003: *delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con ducha con plato.*

■ Habitaciones con una ducha con plato y muro de compartimentación.

A: si el difusor es fijo el valor de A es el correspondiente al plato de la ducha y si es móvil (flexible) 1,2 m
Nota: se pretende cubrir toda la prolongación

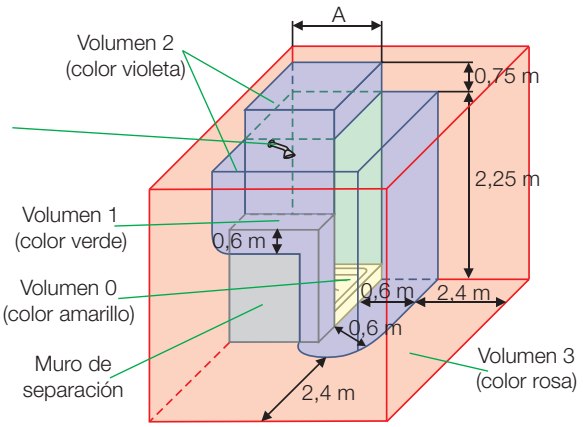


Fig. L6.2-004: *delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con una ducha con plato y muro de compartimentación.*

■ Habitaciones con una ducha sin plato.

A: si el difusor es fijo el valor de A es el correspondiente al plato de la ducha y si es móvil (flexible) 1,2 m
Nota: se pretende cubrir toda la prolongación

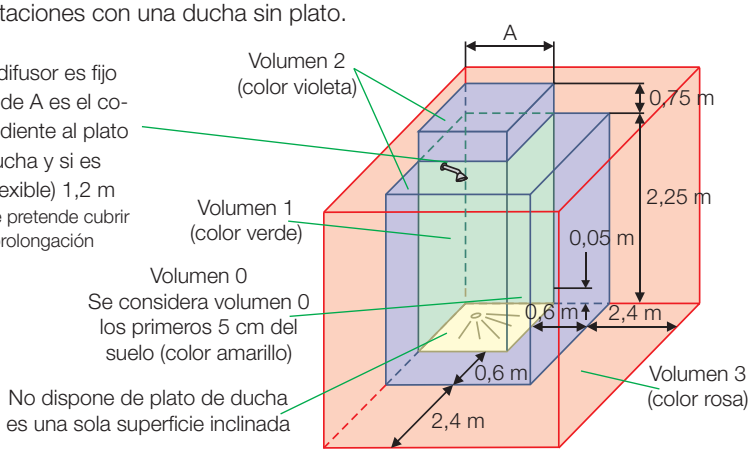


Fig. L6.2-005: *delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con ducha sin plato.*

■ Habitaciones con una ducha sin plato y muro de compartimentación.

A: si el difusor es fijo el valor de A es el correspondiente al plato de la ducha y si es móvil (flexible) 1,2 m
Nota: se pretende cubrir toda la prolongación

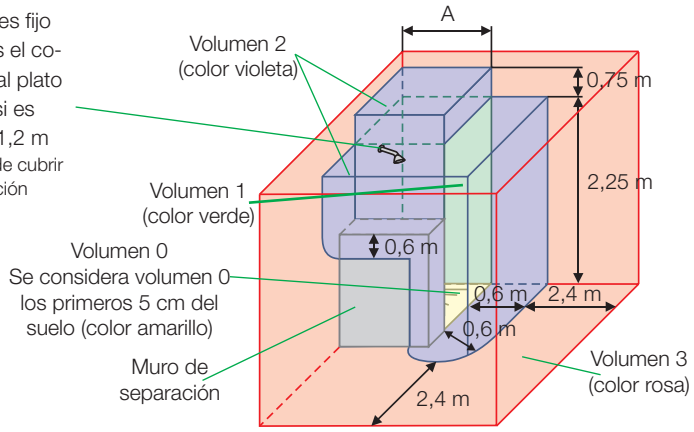


Fig. L6.2-006: *delimitación de los volúmenes concernientes a una habitación con una ducha sin plato y muro de compartimentación.*

Salas de duchas colectivas

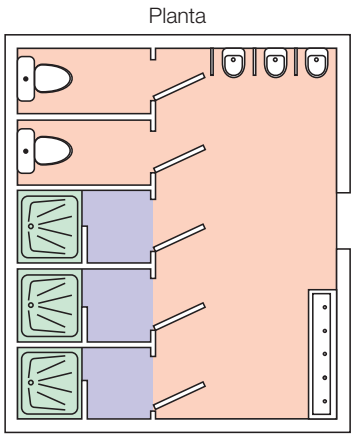
Una sala de duchas es un local con varias duchas compartimentadas o no. Las salas de duchas con vestuarios individuales son consideradas duchas individuales:

■ Duchas con vestuario compartimentadas.

Una cabina de ducha con vestuario individual situada en una sala de duchas, comporta dos partes diferenciadas:

□ Salas de aseos colectivos con duchas con plato y vestuario individual:

A: si el difusor es fijo el valor de A es el correspondiente al plato de la ducha y si es móvil (flexible) 1,2 m
Nota: se pretende cubrir toda la prolongación



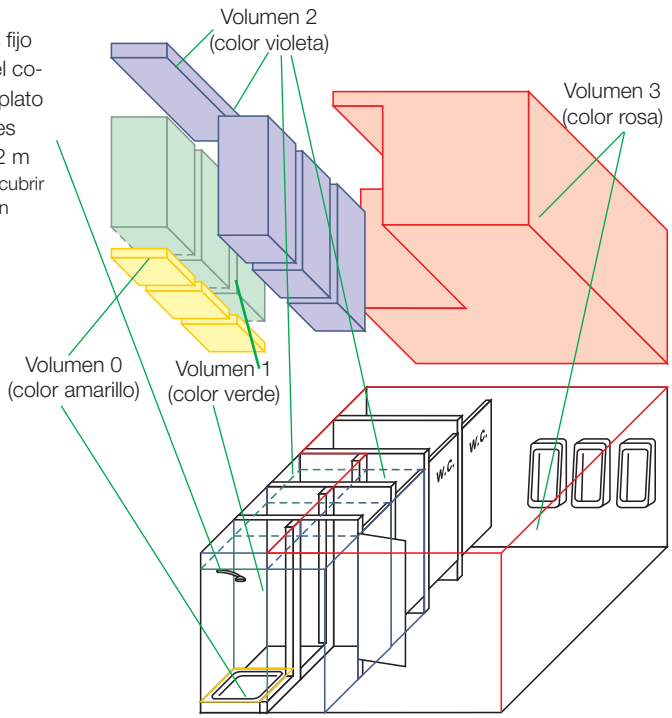


Fig. L6.2-007: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas con plato y vestuario individual.*

– La ducha propiamente dicha que constituye los volúmenes 0 y 1.
– El vestuario que constituye el volumen 2.
Estas dos partes están separada por una pantalla que puede ser fija o móvil. Esta pantalla debe tener la altura del difusor de la ducha, con un mínimo de 2 m.
– El volumen 3 queda definido por el plano del suelo de acceso inmediato a las cabinas.
□ Salas de aseos colectivos con duchas sin plato y vestuario individual.

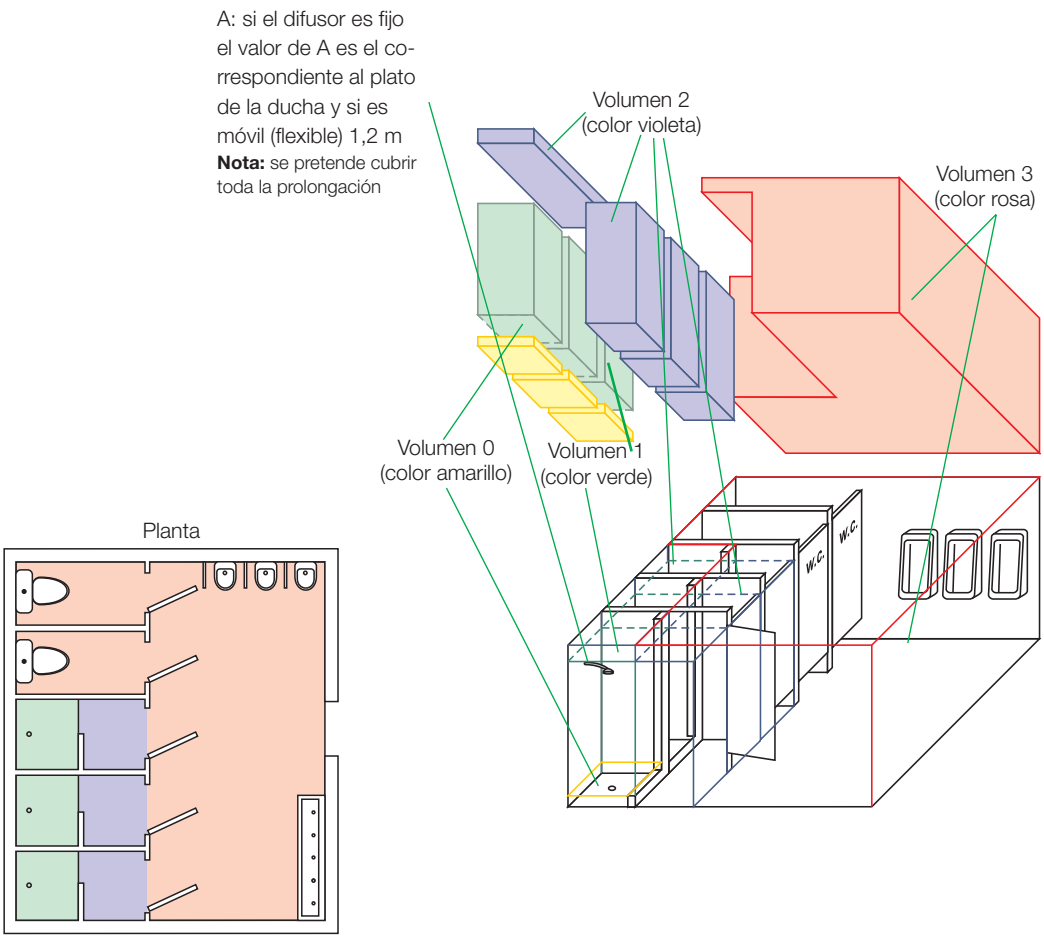


Fig. L6.2-008: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas sin plato y vestuario individual.*

■ Duchas con vestuarios no compartimentados:
□ Con separadores. Una cabina de ducha sin vestuario individual situada en una sala de duchas, comporta dos partes diferenciadas:
– La ducha propiamente dicha que constituye los volúmenes 0 y 1.
– El espacio exterior a la salida de las duchas, limitado por un plano vertical a 0,6 m al entorno de las salidas de las duchas, es el que constituye el volumen 2. Las pantallas separadoras de las duchas deben tener la altura del difusor de la ducha con un mínimo de 2 m.
■ Salas de aseos colectivos con duchas individuales con plato y vestuario colectivo.

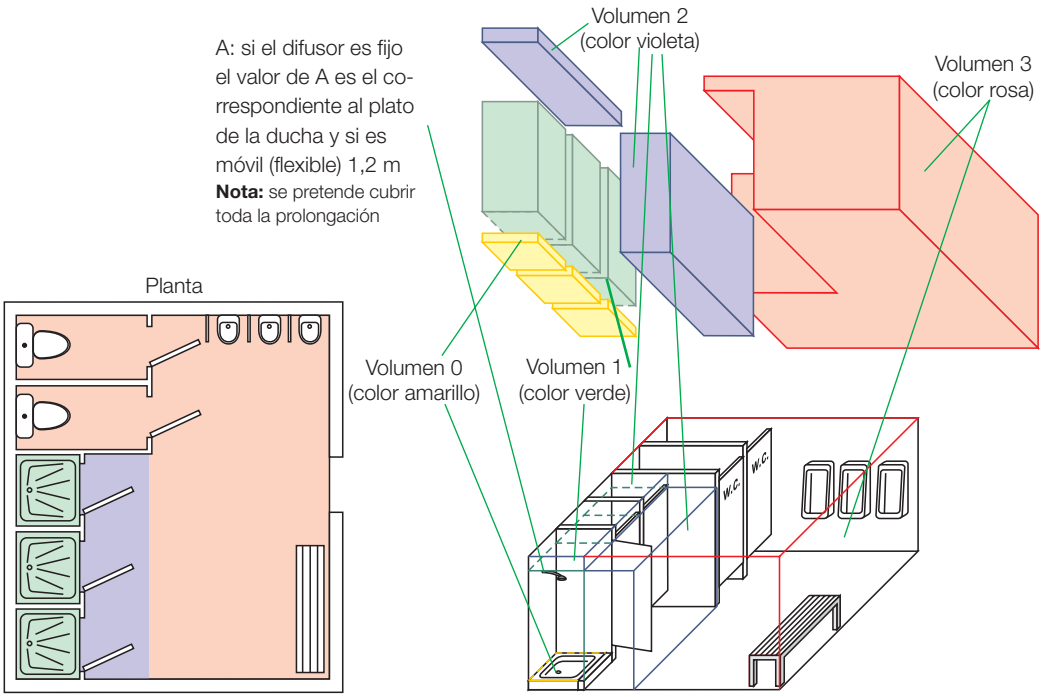


Fig. L6.2-009: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas individuales con plato y vestuario colectivo.*

■ Salas de aseos colectivos con duchas individuales sin plato y vestuario colectivo.

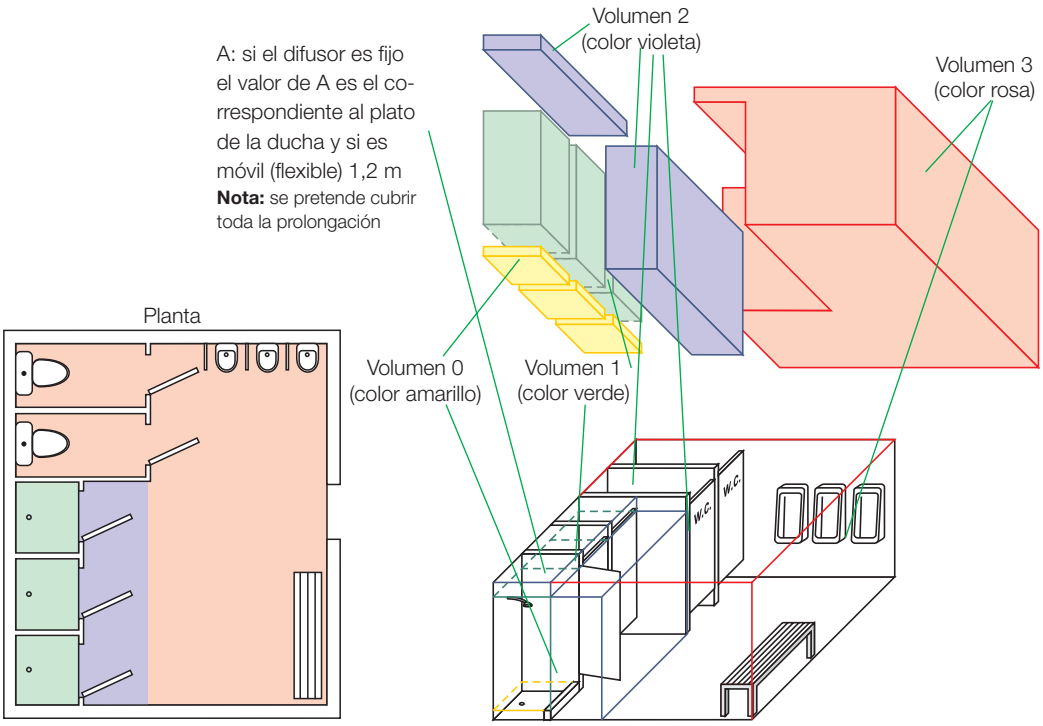


Fig. L6.2-010: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas individuales sin plato y vestuario colectivo.*

□ Sin separadores:
– El volumen 1 queda definido por el entorno al plano horizontal, delimitado por la superficie de recogida del agua y eventualmente limitado por una separación real o virtual, y una altura de 2,25 m.
En el caso de que no exista plato de ducha, el volumen 0 queda limitado por un plano paralelo al plano de recogida de aguas y uno paralelo a 0,05 m y a partir de éste el volumen 1.
– El volumen 2 está constituido por la parte de la sala de duchas al otro lado de la separación real o virtual, delimitado por la superficie del suelo y una altura de 2,25 m.
– El volumen 3 queda definido por el plano del suelo de acceso inmediato a las dos superficies delimitadas como volúmenes 1 y 2.
■ Salas de aseos colectivos con duchas y vestuario colectivos.

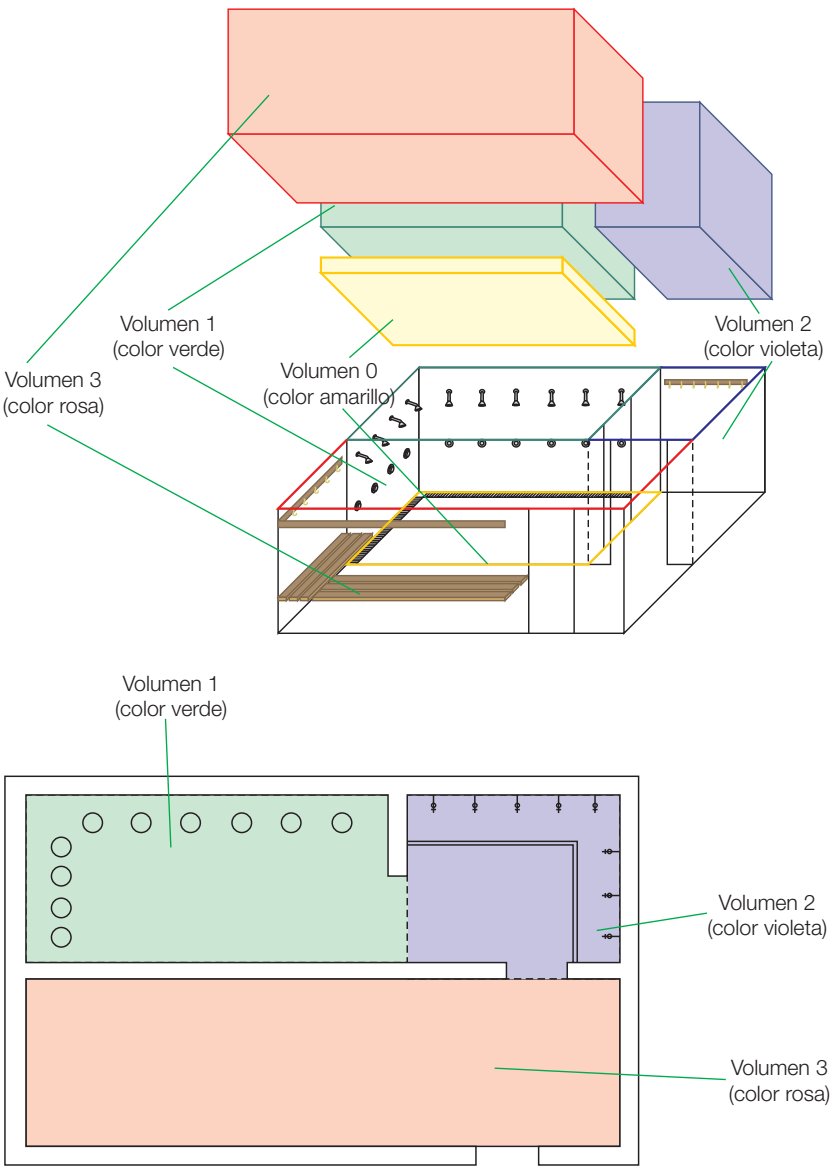


Fig. L6.2-011: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas y vestidor colectivos.*

□ En el caso que el volumen 1 disponga de una a apertura al volumen 3, el entorno de la apertura y un plano paralelo al entorno a 0,60 m y una altura de 2,25 m delimitan un volumen correspondiente al volumen 2.

■ Salas de aseos colectivos con duchas (dos accesos) y vestuario colectivos.

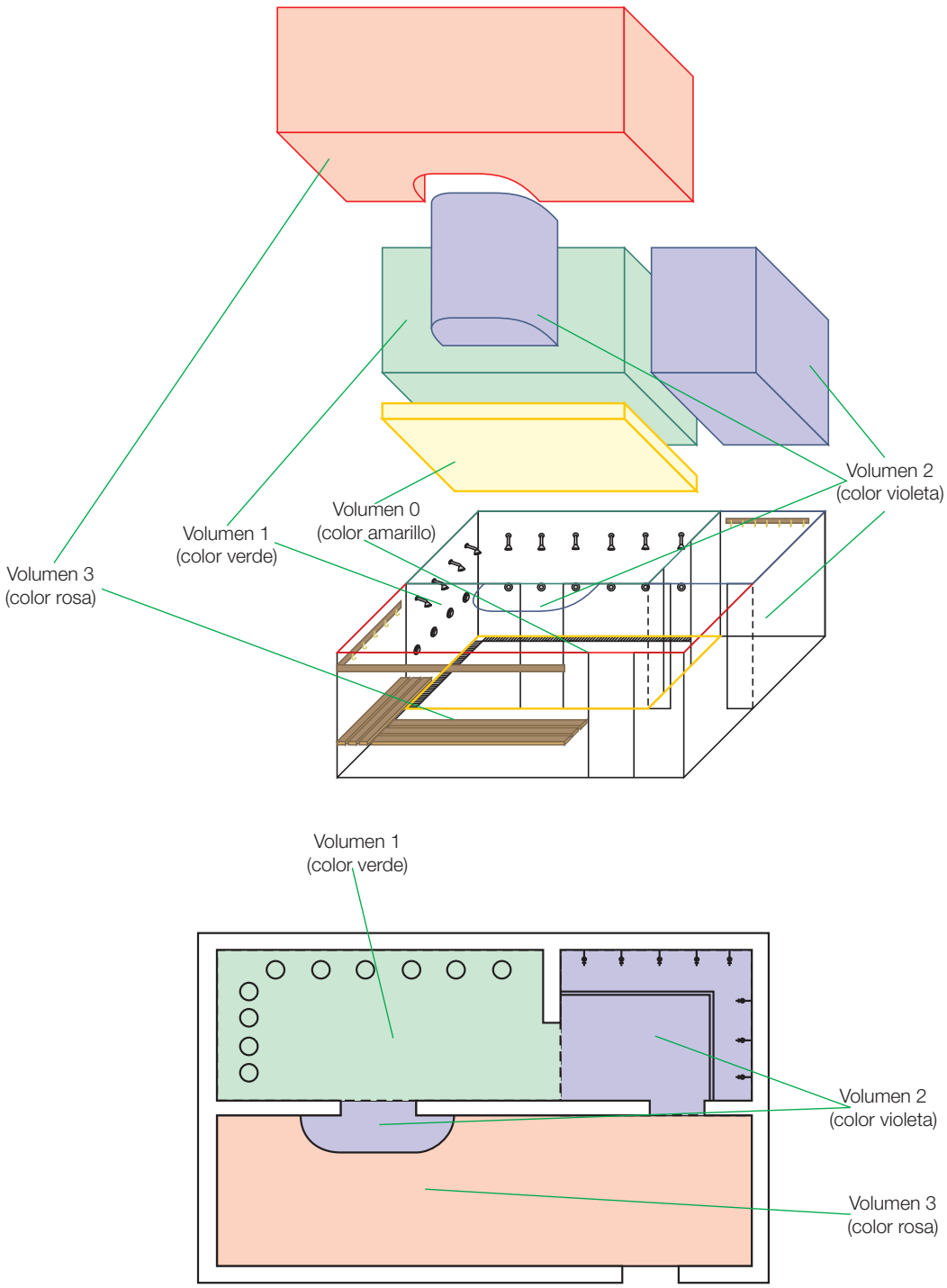


Fig. L6.2-012: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos colectivos con duchas (con dos accesos) y vestuario colectivos.*

■ Salas de aseos con duchas prefabricadas.

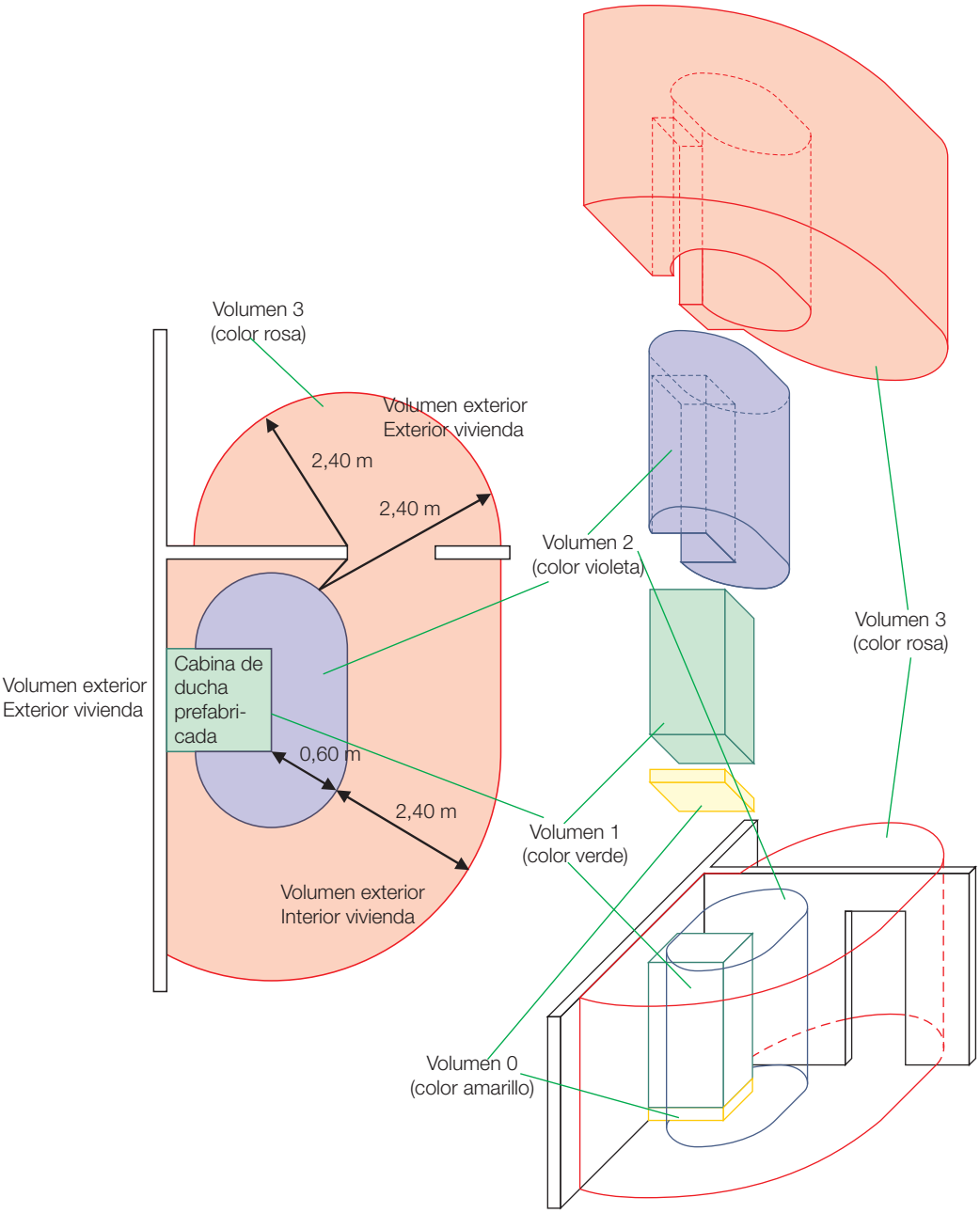


Fig. L6.2-013: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala de aseos con duchas prefabricadas.*

ITC-BT-31

Piscinas y fuentes - UNE 20460-7-702

■ Volumen 0.

Comprende el interior de la piscina y las partes de las aberturas esenciales en los muros o en el suelo e interior, tuberías en contacto con el agua.

■ Volumen 1. Limitado:

□ De una parte por la superficie vertical situada a 2 metros de los bordes de la piscina o estanque.

□ De otra parte por el suelo o la superficie en la que se pueden situar las personas y un plano horizontal situado a 2,5 metros del suelo o la superficie en la que se pueden situar las personas, incluso por encima del volumen 0.

■ Volumen 2 (sólo para piscinas). Limitado:

□ De una parte por la superficie vertical exterior del volumen 1 y una superficie paralela situada a 1,50 metros de la primera.

□ De otra parte por el suelo o la superficie en la que se pueden situar las personas y un plano horizontal situado a 2,5 metros del suelo o la superficie en la que se pueden situar las personas.

Si existen palancas, trampolines, plataformas o toboganes, el volumen 1 comprende el volumen limitado por la superficie vertical situada a 1,5 metros al entorno de los elementos citados y por un plano horizontal situado a 2,5 m del punto más elevado donde se puede situar una persona.

Nota: Debemos tener en consideración que la normativa no considera el volumen 3 para las fuentes.

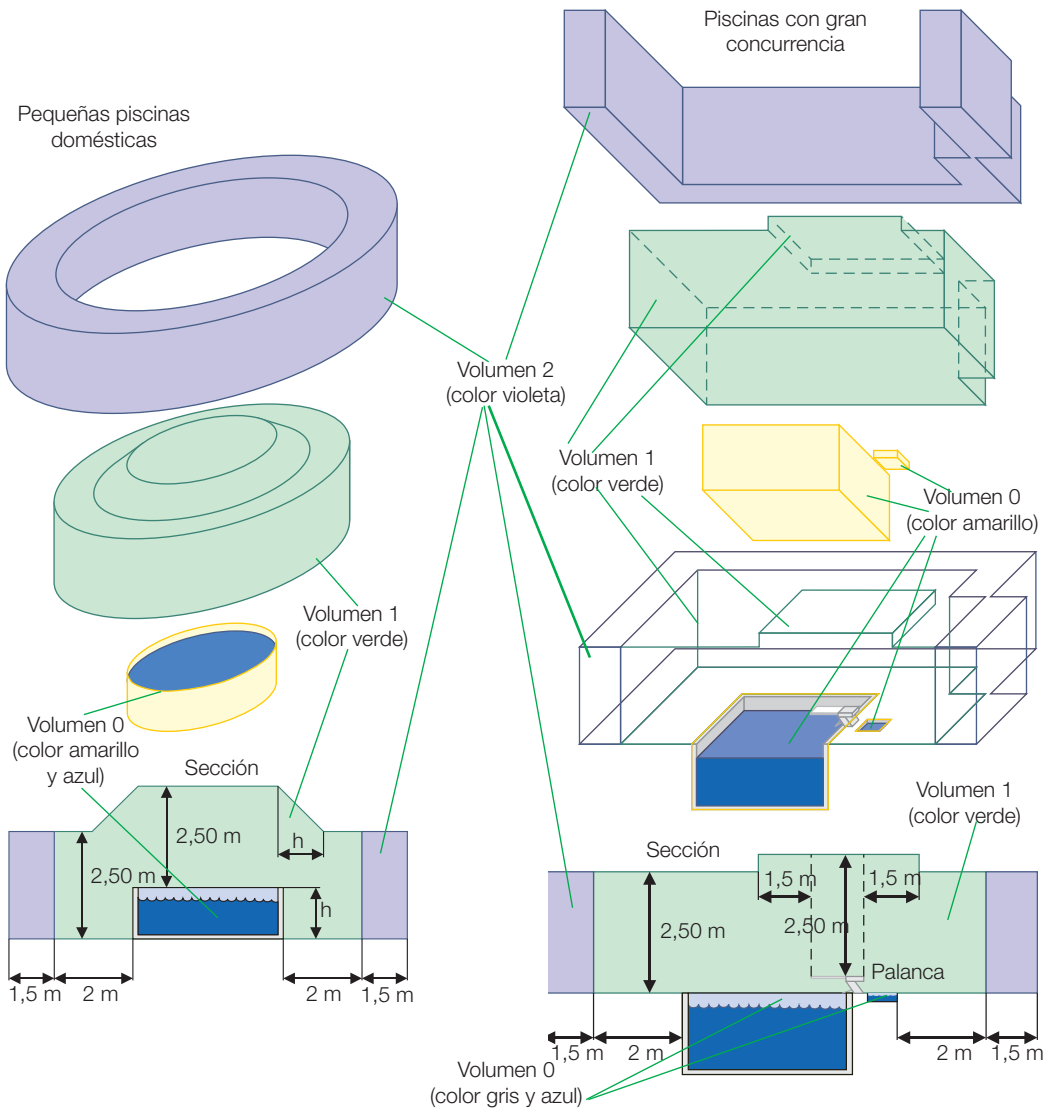
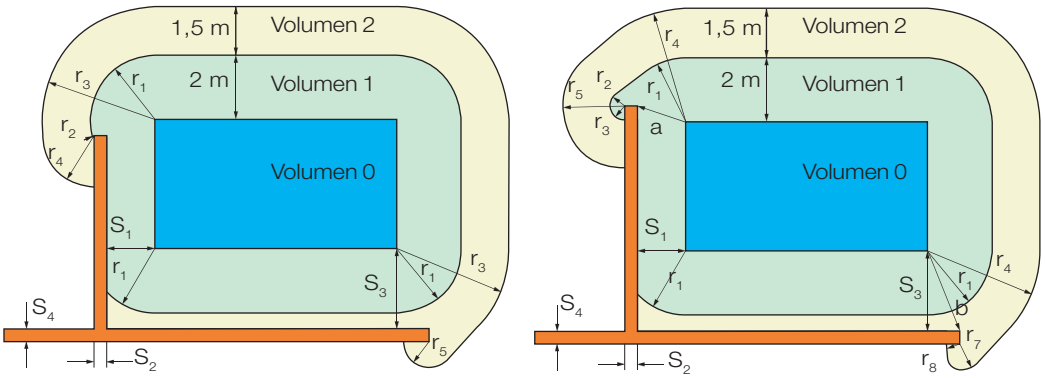


Fig. L6.2-014: *delimitación de los volúmenes concernientes a piscinas y estanques.*

■ Piscinas y estanques con muros para compartimientos.



$r_1 = 2$ m $r_3 = r_2 - S_2$ $r_5 = r_4 - a$ $r_7 = r_4 - b$

$r_2 = r_1 - a$ $r_4 = 3{,}5$ m $r_6 = r_5 - S_2$ $r_8 = r_7 - S_4$

Fig. L6.2-015: *delimitación de los volúmenes concernientes a piscinas y estanques con muros para compartimientos.*

Fuentes

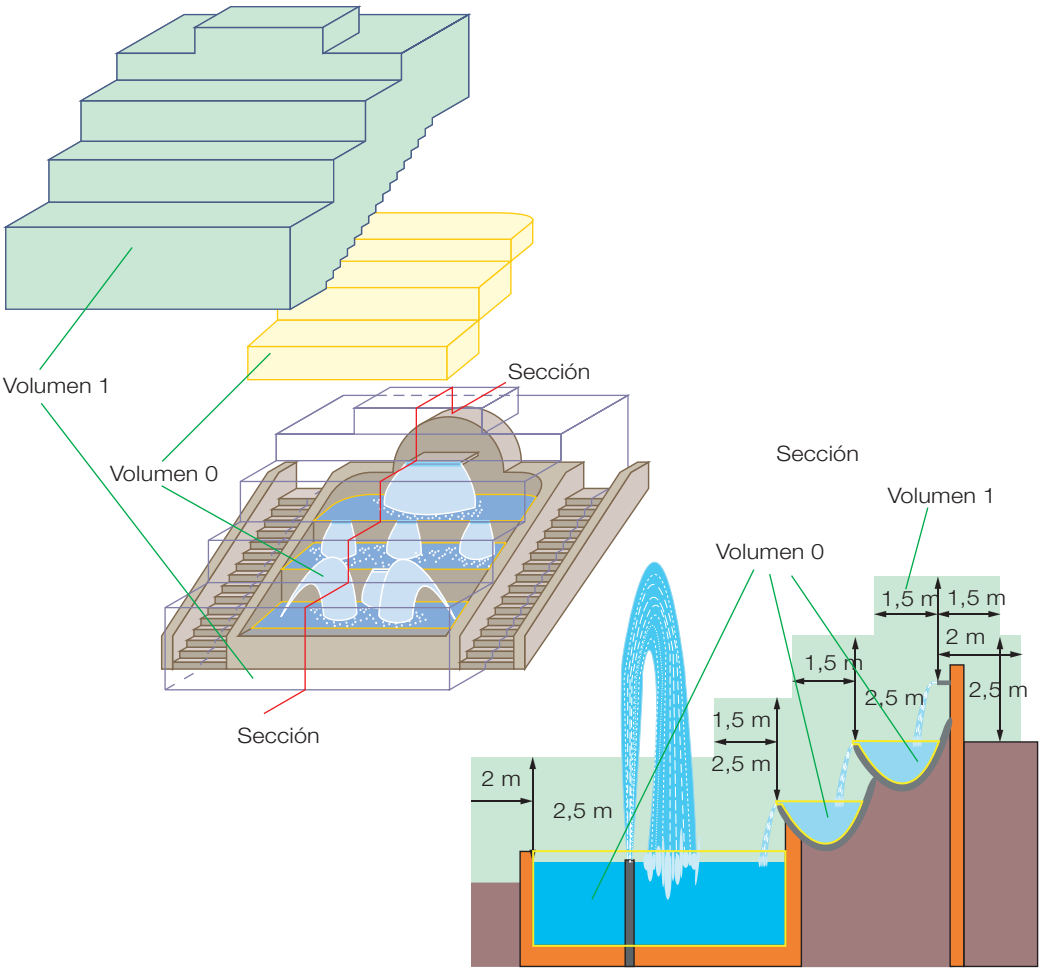


Fig. L6.2-016: *delimitación de los volúmenes concernientes a una fuente.*

La IEC, UNE y la ITC-BT-31 especifican para el volumen 0 el interior de los contenedores de agua, recipientes, canales e inyectores de agua o cascadas. Ninguna de ellas da una instrucción específica de las zonas donde el agua es situada en el espacio por un inyector.

Las prescripciones del volumen 0 están en concordancia con la posibilidad que el cuerpo humano esté en contacto con el agua y pueda verse afectada su conductividad eléctrica. Este fenómeno sucede exactamente si se encuentra en contacto con un chorro de agua situado en el espacio, sólo puede variar la posible diferencia de potencial si el individuo no está en contacto directo con la tierra.

ITC-BT-50

Saunas - UNE-20460-7-703

■ Volumen 1, queda delimitado al entorno del radiador para la sauna:

□ De una parte por el plano del suelo donde se apoya el radiador y un plano paralelo a él a una distancia de 0,3 m del techo.

□ De otra por un plano al entorno del radiador a 0,5 m del mismo.

■ Volumen 2, queda delimitado por:

□ De una parte por el plano del suelo donde se apoya el radiador y un plano paralelo a él a una distancia de 0,5 m del suelo.

□ De otra por el volumen 1 y el muro vertical de la parte opuesta que limita la sala.

■ Volumen 4, queda delimitado por el plano del techo y un plano paralelo a él a 0,3 m en dirección al suelo.

■ Volumen 3, se considera volumen 3 el espacio restante de la sala.

Volúmenes en salas con radiadores para saunas

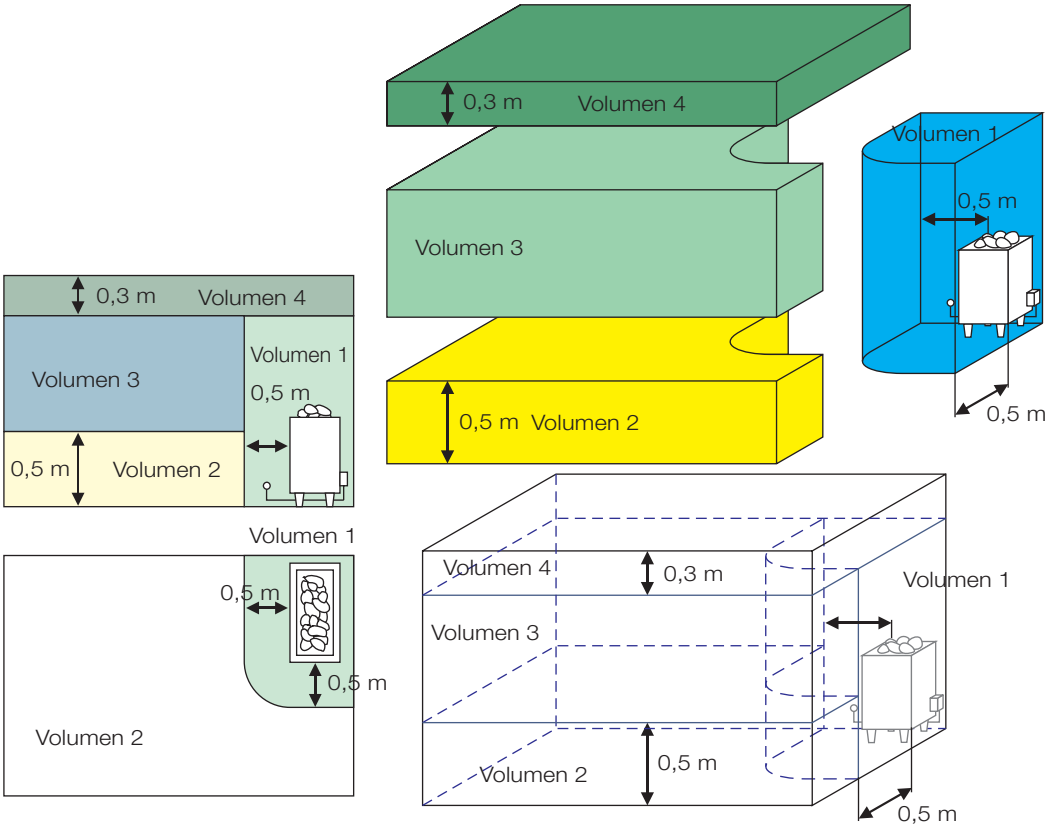


Fig. L6.2-017: *delimitación de los volúmenes concernientes a una sala utilizada para sauna.*

6.2.2.2. Elección de los materiales a instalar en los diferentes volúmenes

Salas con baños o duchas

En el apartado 4.3.3. “Elección e instalación de materiales eléctricos”, página L/176, hemos expuesto el espíritu de la norma UNE-EN 20460-7-701. En la página L/447, encontraremos la ITC-BT-27 “Instalaciones interiores en viviendas”.

Locales que contienen una bañera o ducha

En el volumen 0

■ Grado de protección.

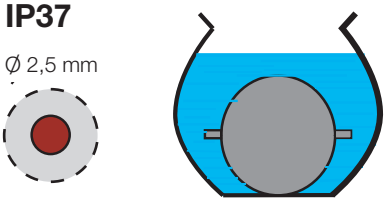
En el volumen 0 le corresponde un grado de protección de los materiales:

□ IPx7: según ITC-BT-27.

□ Recomendado IP37.

IP37

Ø 2,5 mm



□ IKxx.

□ Recomendado IK07.

Si la instalación se realiza bajo una protección particular de grado IK07 (por ejemplo un foco bajo la protección de un ojo de buey) el material puede ser de grado IK02.



■ Conducciones.

□ Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm y siempre que sea posible en el perímetro del volumen.

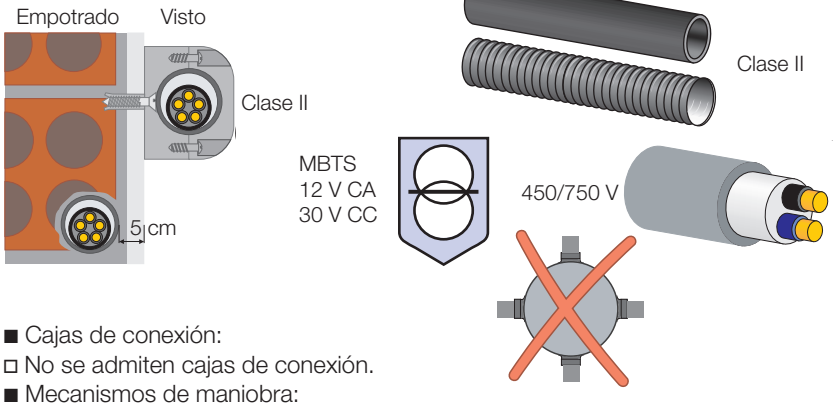
Para llegar al fondo del volumen, las alimentaciones en partes inferiores deben realizarse con conducciones de trazado vertical.

□ Solamente se admite que crucen el volumen circuitos a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada.

□ Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en el volumen 0.

□ Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4 según ITC-BT-30.

□ Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 V según ITC-BT-30.



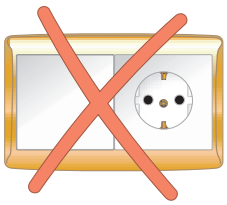
■ Cajas de conexión:

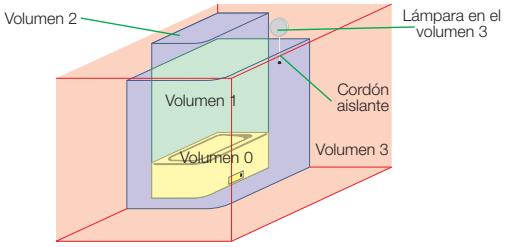
□ No se admiten cajas de conexión.

■ Mecanismos de maniobra:

□ No se pueden instalar mecanismos de maniobra en este volumen.

□ Se admiten que cuelguen cordones aislantes de un mecanismo situado en los volúmenes 1 y 2, si el mecanismo cumple la norma UNE-EN 60669-1.

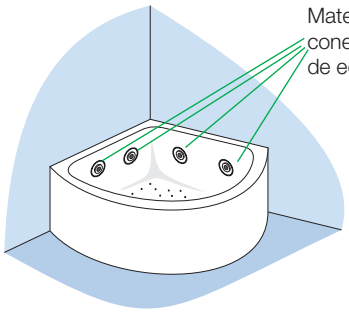


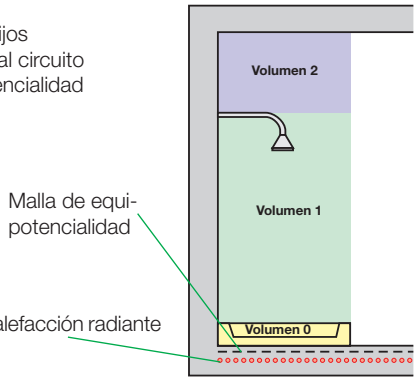


■ Otros aparatos fijos:

□ Queda reducido a aparatos fijos alimentados a MBTS de máximo 12 V CA y 30 V CC, alisada, que prácticamente son luminarias y algún equipo de hidromasaje que cumplan las condiciones exigidas por la norma.

□ Pueden instalarse bajo el volumen y de forma enterrada circuitos de calefacción siempre que entre ellos y la superficie exista un mallado de equipotencialidad, de conformidad al apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175. Si la calefacción es eléctrica, los circuitos deben estar protegidos de forma individual con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.





En el volumen 1

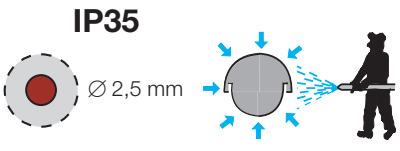
■ Grado de protección. En el volumen 1 le corresponde un grado de protección de los materiales:

□ IPx4: según ITC-BT-27.

□ IPx2: según ITC-BT-27, para materiales situados por encima del difusor fijo del agua (ducha).

□ IPx5: según ITC-BT-27, para los equipos eléctricos de hidromasaje y en todos los locales en que el material pueda ser limpiado a chorro de agua.

□ Recomendado IP35.



□ IKxx.

□ Recomendado IK07. Si la instalación se realiza bajo una protección particular de grado IK07 (por ejemplo un foco bajo la protección de un ojo de buey) puede ser de grado IK02.

□ IK08, si en el volumen se pueden practicar juegos con balones.



■ Conducciones:

□ Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm y siempre que sea posible en el perímetro del volumen contiguo al volumen 2.

□ Solamente se admiten circuitos a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada.

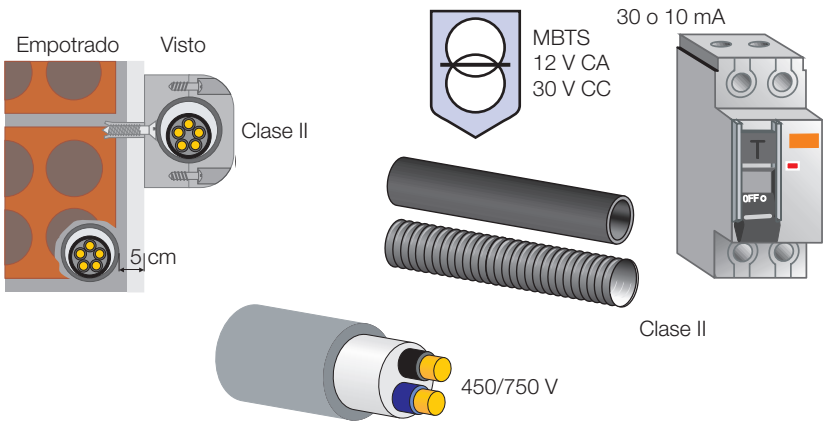
□ Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios

para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en los volúmenes 0 o 1.

□ Puede cruzar alguna conducción de Clase II para la alimentación de algún calentador, bombas de duchas y equipos eléctricos para bañeras de hidromasaje, siempre que estos circuitos estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como máximo de 30 mA.

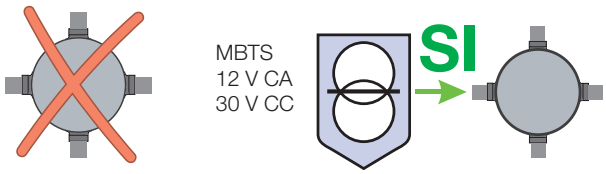
□ Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4 según ITC-BT-30.

□ Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 V según ITC-BT-30.



■ Cajas de conexión:

□ No se admiten cajas de conexión, a excepción de los circuitos a MBTS.

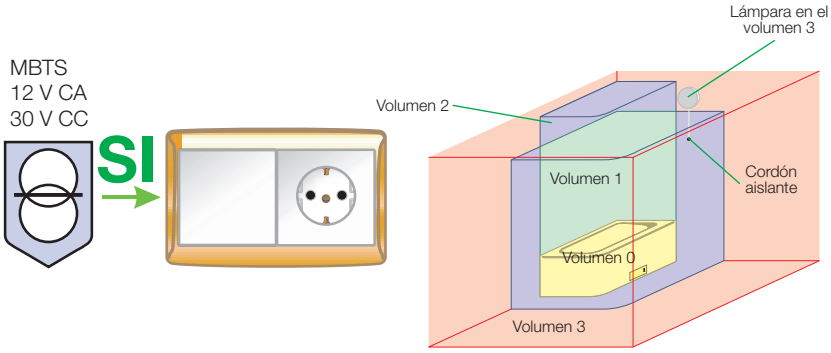


■ Mecanismos de maniobra:

□ No se pueden instalar mecanismos de maniobra en este volumen, según la IEC 364-7-701 y UNE-EN 20460-7-701.

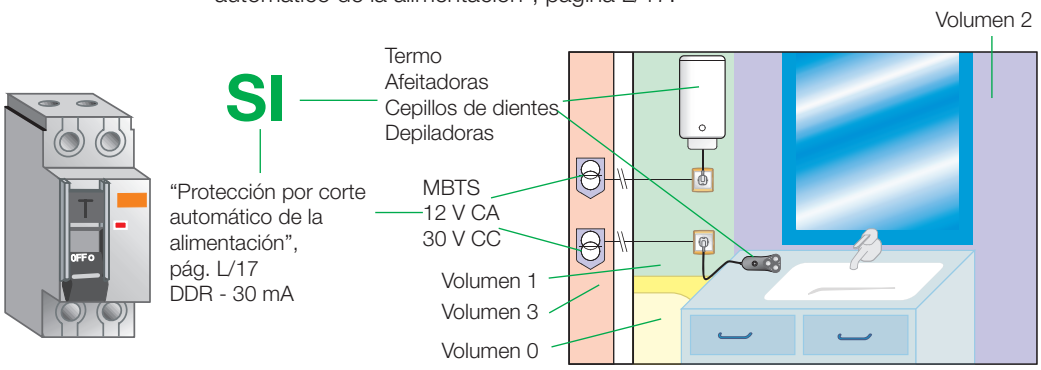
La ITC-BT-27 hace una concesión, a excepción de los correspondientes a circuitos de MBTS alimentados a una tensión de 12 V en CA y 30 V en CC, siempre que la fuente de alimentación esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Se admiten que cuelguen cordones aislantes de un mecanismo situado en los volúmenes 1 y 2, si cumplen la UNE-EN 60669-1.



■ Otros aparatos fijos:

□ Queda reducido a aparatos fijos alimentados a MBTS de máximo 12 V en CA y 30 V en CC, que prácticamente son calentadores de agua, bombas de presión y algún equipo de hidromasaje que cumplan las condiciones exigidas por la norma UNE-20460-4-41 y expuestas en el espíritu de la normativa "Protección por corte automático de la alimentación", página L/17.



En el volumen 2

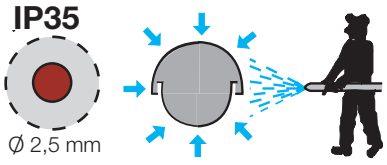
■ Grado de protección. En el volumen 2 le corresponde un grado de protección de los materiales:

□ IPx4: según ITC-BT-27.

□ IPx2: según ITC-BT-27, para materiales situados por encima de un difusor fijo de agua (ducha).

□ IPx5: según TC-BT-27, para los equipos eléctricos de hidromasaje y en todos los locales en que el material pueda ser limpiado a chorro de agua.

□ Recomendado IP35.



□ IKxx.

□ Recomendado IK07 Si la instalación se realiza bajo una protección particular de grado IK07 (por ejemplo un foco bajo la protección de un ojo de buey) puede ser de grado IK02.



□ IK08, si en el volumen se pueden practicar juegos con balones.

■ Conducciones:

□ Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm y siempre que sea posible en el perímetro del volumen contiguo al volumen 3.

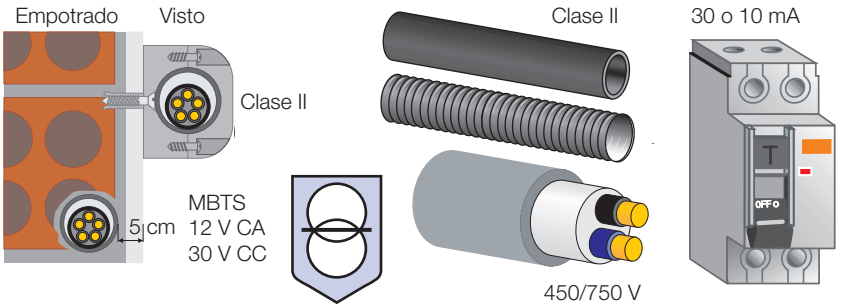
□ Solamente se admiten circuitos a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada.

□ Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Puede cruzar el volumen alguna conducción de Clase II para la alimentación de algún calentador, bombas de duchas y equipos eléctricos para bañeras de hidromasaje, siempre que estos circuitos estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

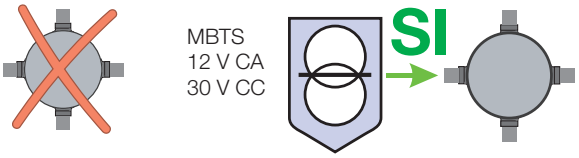
□ Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4 según ITC-BT-30.

□ Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 según ITC-BT-30.



■ Cajas de conexión:

□ No se admiten cajas de conexión, a excepción de los circuitos a MBTS.

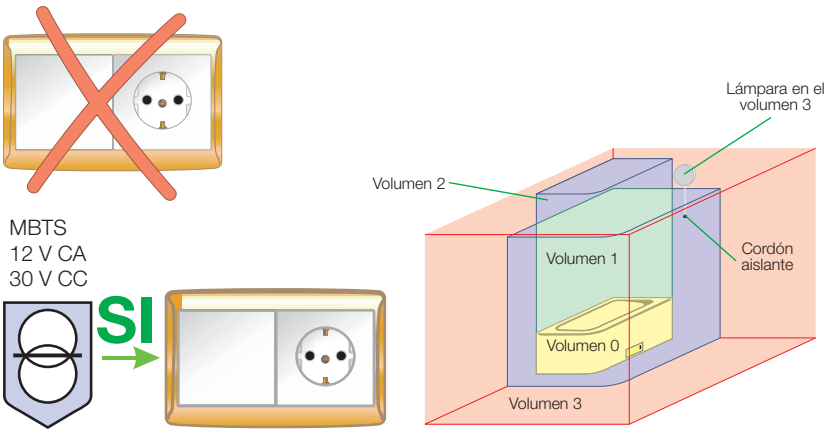


■ Mecanismos de maniobra:

□ No se pueden instalar mecanismos de maniobra en este volumen a excepción de los correspondientes a circuitos de MBTS alimentados a una tensión de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada, siempre que la fuente de alimentación esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Se admiten que cuelguen cordones aislantes de un mecanismo situado en los volúmenes 1 y 2, si cumplen con la norma UNE-EN 60669-1.

□ Se admite la instalación de bloques de alimentación para máquinas de afeitar, depiladoras, cepillos de limpieza bucal..., que cumplan con la UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-6 (normas de construcción de estos aparatos).



■ Otros aparatos fijos:

□ Los aparatos fijos alimentados a MBTS de máximo 12 V que prácticamente son luminarias y algún equipo de hidromasaje, que cumplan las condiciones exigidas por la norma.

□ Pueden instalarse bajo el volumen y de forma enterrada circuitos de calefacción siempre que entre ellos y la superficie exista un mallado de equipotencialidad, de conformidad al apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175. Si la calefacción es eléctrica los circuitos deben estar protegidos de forma individual con interruptores a corriente diferencial residual de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.



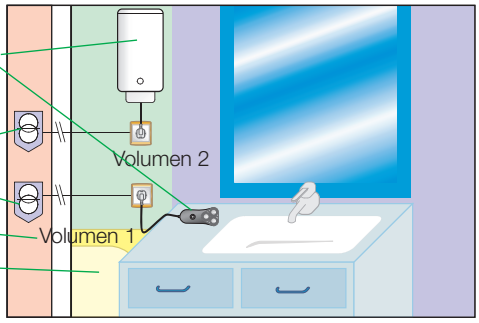
SI

"Protección por corte automático de la alimentación" pág. L/17 DDR - 30 mA

Termo
Afeitadoras
Cepillos de dientes
Depiladoras

MBTS
12 V CA
30 V CC

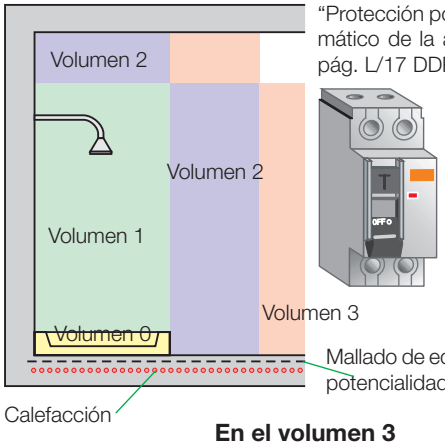
Volumen 3
Volumen 0



■ Otros aparatos móviles:

□ Se admiten las luminárias, ventiladores, calefactores y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su normativa de construcción correspondiente y su alimentación esté protegida, de forma individual, por un interruptor a corriente diferencial residual de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

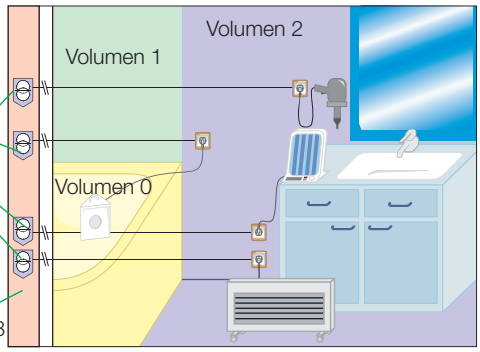
Los aparatos móviles que pueden alimentarse desde el volumen 2, y por el hecho de ser móviles pueden ser accesibles desde otros volúmenes, deberían estar alimentados bajo una fuente de MBTS, aunque la ITC-BT-27 no lo especifique.



"Protección por corte automático de la alimentación" pág. L/17 DDR - 30 mA

Mallado de equipotencialidad

MBTS
12 V CA
30 V CC

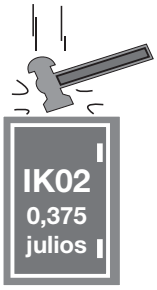


En el volumen 3

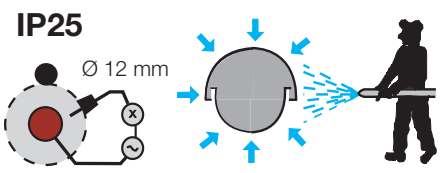
■ Grado de protección. En el volumen 3 le corresponde un grado de protección de los materiales:

□ IPx4: según ITC-BT-27.
□ IPx2: según ITC-BT-27.
□ IPx5: según ITC-BT-27, en todos los locales en que el material pueda ser limpiado a chorro de agua.
□ Recomendado IP23 o 25.

□ IKxx.
□ Recomendado IK02.
□ IK08, si en el volumen se pueden practicar juegos con balones.



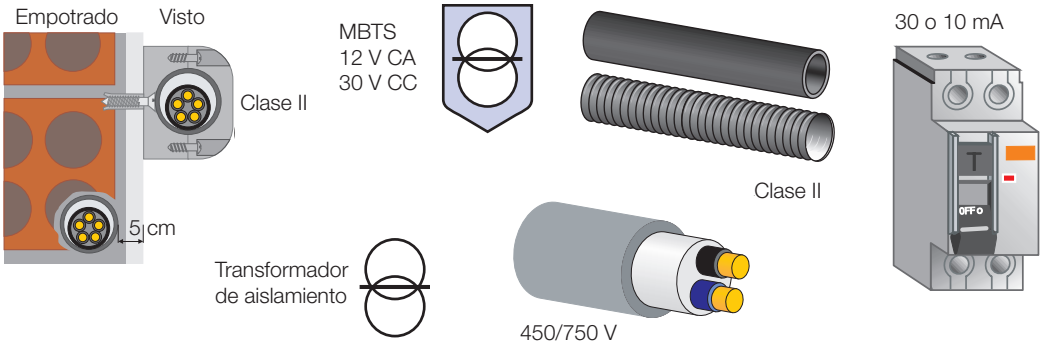
IP25



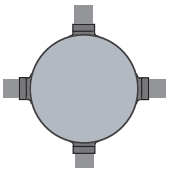
■ Conducciones:

□ Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm.
□ Se admiten circuitos:

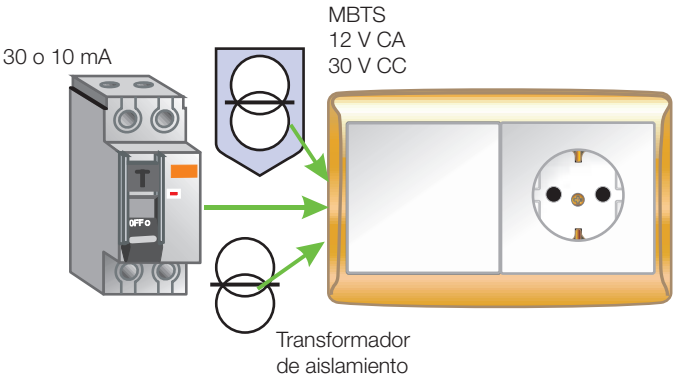
– Alimentados a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC.
– Alimentados a través de un transformador de aislamiento, con aislamiento equivalente a los de MBTS.
– O circuitos que estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.
□ Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en los volúmenes 0, 1, 2 o 3.
□ Puede cruzar alguna conducción de Clase II para la alimentación de algún calentador, bombas de duchas y equipos eléctricos para bañeras de hidromasaje, siempre que estos circuitos estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como máximo de 30 mA.



Cajas de Clase II



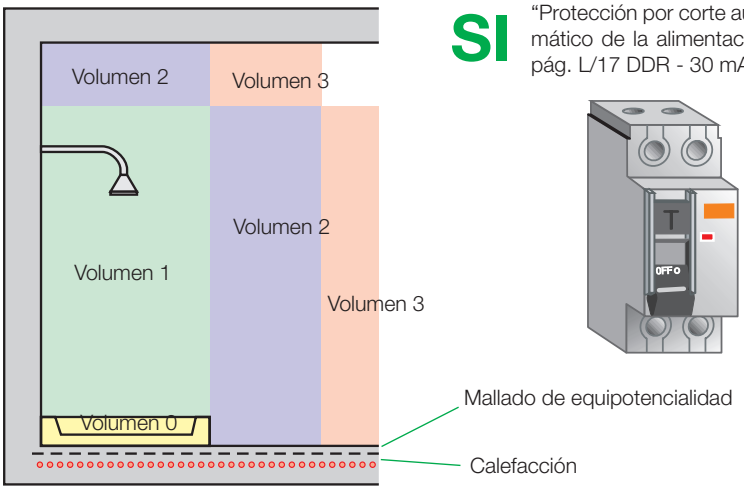
■ Cajas de conexión:
□ Se admiten cajas de conexión con:
– Una protección IPxxB (B = protección adicional contra la posibilidad de establecer contacto fortuito con un dedo a una parte con potencial).
– Con un aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V CA durante un minuto.
■ Mecanismos de maniobra:
□ Se admiten bases de toma de corriente si están protegidas:
– Por circuitos a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC.
– Por circuitos alimentados a través de un transformador de aislamiento, de aislamiento equivalente a los de MBTS.
– Por que el circuito está protegido por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.
□ Se admite la aparamenta admitida en el volumen 2.



■ Otros aparatos fijos:
□ Se admiten los aparatos alimentados bajo una protección por interruptores a

corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

□ Pueden instalarse bajo el volumen y de forma enterrada circuitos de calefacción siempre que entre ellos y la superficie exista un mallado de equipotencialidad, de conformidad al apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175. Si la calefacción es eléctrica los circuitos deben estar protegidos de forma individual con interruptores a corriente diferencial residual de por lo menos 30 mA.



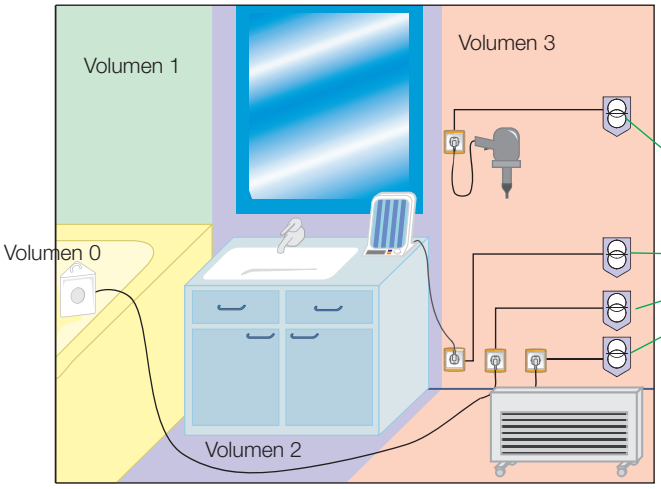
SI

“Protección por corte automático de la alimentación” pág. L/17 DDR - 30 mA

■ Otros aparatos móviles:

□ Se admiten las luminarias, ventiladores, calefactores y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su normativa de construcción correspondiente y su alimentación esté protegida, de forma individual, por un interruptor a corriente diferencial residual de corriente de fuga como máximo de 30 mA.

Los aparatos móviles que pueden alimentarse desde el volumen 3, y por el hecho de ser móviles pueden ser accesibles desde otros volumenes, deberían estar alimentados bajo una fuente de MBTS, aunque la ITC-BT-27 no lo especifique.



“Protección por corte automático de la alimentación”, pág. L/17 DDR - 30 mA

MBTS
12 V CA



En las instalaciones eléctricas en piscinas, estanques y fuentes

Piscinas

En los apartados 4.4.4. “Aplicación de medidas de protección para asegurar la seguridad”, página L/182 y 4.4.5. “Elección y puesta en servicio de los materiales eléctricos”, página L/183, hemos expuesto el espíritu de la norma UNE-EN 20460-7-702. En la página LR.2/00, encontraremos la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Baja Tensión ITC-BT-31. Instalaciones con fines especiales piscinas y fuentes.

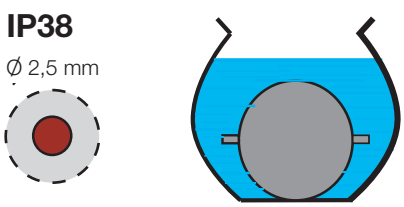
Las reglas siguientes se aplican a los estanques y piscinas, a los espacios creados en su entorno, así como los usuarios del local donde las personas se encuentran con los pies desnudos.

En el volumen 0

■ Grado de protección. En el volumen 0 le corresponde un grado de protección de los materiales:

□ IPx8: según ITC-BT-28.

□ Recomendado IP38.



□ IKxx.

□ Recomendado IK07. Si la instalación se realiza bajo una protección particular de grado IK07 (por ejemplo un foco bajo la protección de un ojo de buey) el material puede ser de grado IK02.



■ Conducciones:

□ En piscinas.

La norma UNE-EN 20460-7-702 permite la instalación de canalizaciones para la alimentación de los aparatos autorizados en ellas, pero la ITC-BT-31 no admite ninguna canalización en el volumen 0 al alcance de los bañistas.

□ En fuentes:

– Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm y siempre que sea posible en el perímetro del volumen.

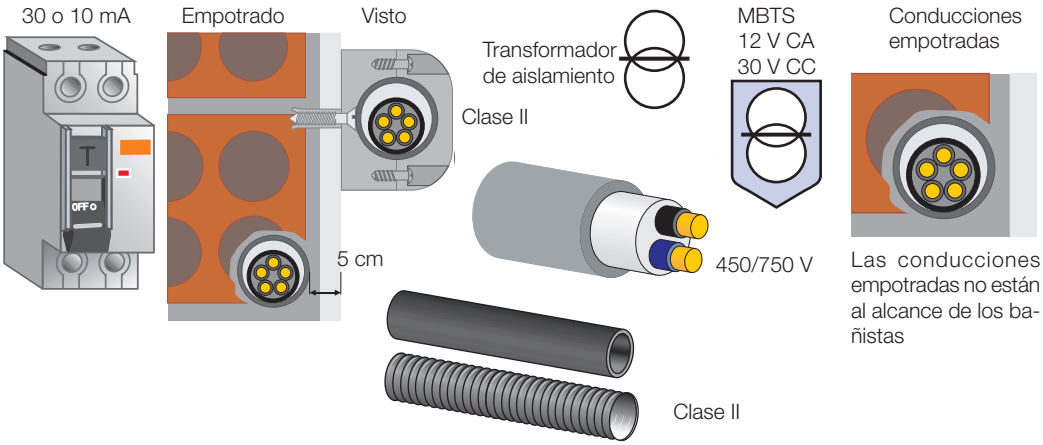
Para llegar al fondo del volumen, las alimentaciones en partes inferiores deben realizarse con conducciones de trazado vertical.

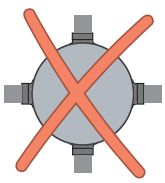
– Solamente se admite que crucen circuitos alimentados con fuentes de MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada, situadas fuera del volumen 0. O bien alimentados con fuentes de separación situadas fuera del volumen 0 y capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto. O bien por circuitos protegidos de forma individual con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como máximo de 30 mA.

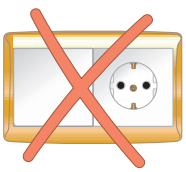
– Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en el volumen 0.

– Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4 según ITC-BT-30.

– Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 según ITC-BT-30.







■ Cajas de conexión:

□ No se admiten cajas de conexión.

■ Mecanismos de maniobra:

□ No se pueden instalar mecanismos de maniobra (interruptores, programadores, bases toma de corriente...) en este volumen.

■ Otros aparatos fijos:

□ Queda reducido a aparatos fijos alimentados a MBTS de máximo 12 V CA y 30 V CC, alisada, que prácticamente son luminarias y algún equipo específico que cumplan las condiciones exigidas por la norma.

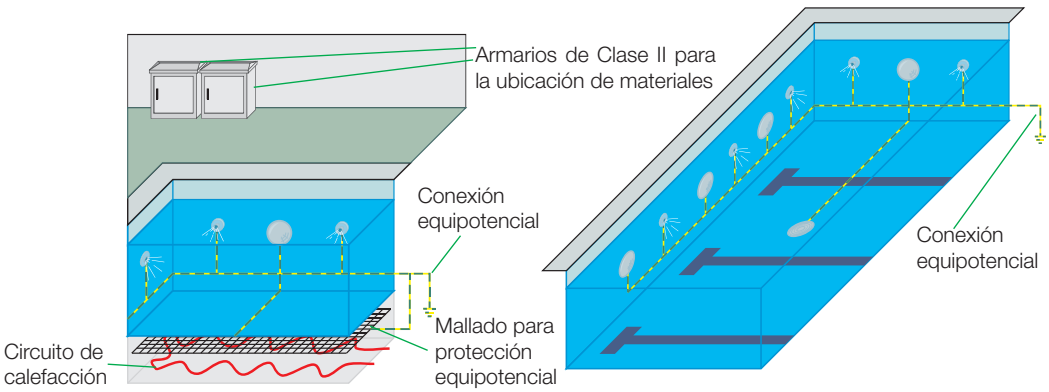
□ Las luminarias:

– Las instaladas en contacto con el agua deberán cumplir con la norma de construcción UNE-EN 60598-2-18.

– Las instaladas detrás de un ojo de buey o protector estanco, deben instalarse de forma que no pueda existir ningún contacto intencionado o no, con partes conductoras, de la mirilla u ojo de buey, accesibles y partes metálicas de la luminaria, incluyendo su fijación. Las luminarias deberán cumplir con las prescripciones de construcción de la norma UNE-EN-60598.

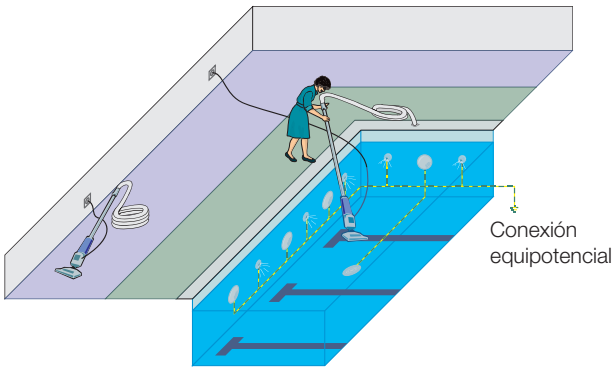
□ Las fuentes de alimentación de seguridad deben instalarse fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Pueden instalarse bajo el volumen y de forma enterrada circuitos de calefacción siempre que entre ellos y la superficie exista un mallado de equipotencialidad, de conformidad al apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175. Si la calefacción es eléctrica, los circuitos deben estar protegidos de forma individual con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.



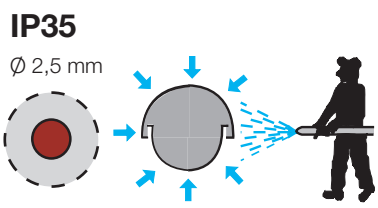
L
6.2

■ Otros aparatos móviles:
□ Los aparatos móviles destinados a ser utilizados en el volumen 0 cuando éste no está disponible al público y no se encuentre ninguna persona en él, pueden utilizarse bien si:
– Están alimentados a MBTS de máximo 12 V CA y 30 V CC, alisada.
– Están protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como máximo de 30 mA.
– Están alimentados con fuentes individuales de separación situadas fuera de los volúmenes 0, 1 y 2 y capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto.
Estos equipos deben estar:
– Provistos de un indicador que avise que sólo se pueden utilizar cuando el volumen 0 no este ocupado por persona alguna.
– Situados fuera de los volúmenes 0 y 1.



En el volumen 1

■ Grado de protección. En el volumen 1 le corresponde un grado de protección de los materiales:
□ IPx5: según ITC-BT-27.
□ IPx4: según ITC-BT-27, para piscinas en el interior de edificios no limpiadas a chorro de agua.
□ Recomendado IP35

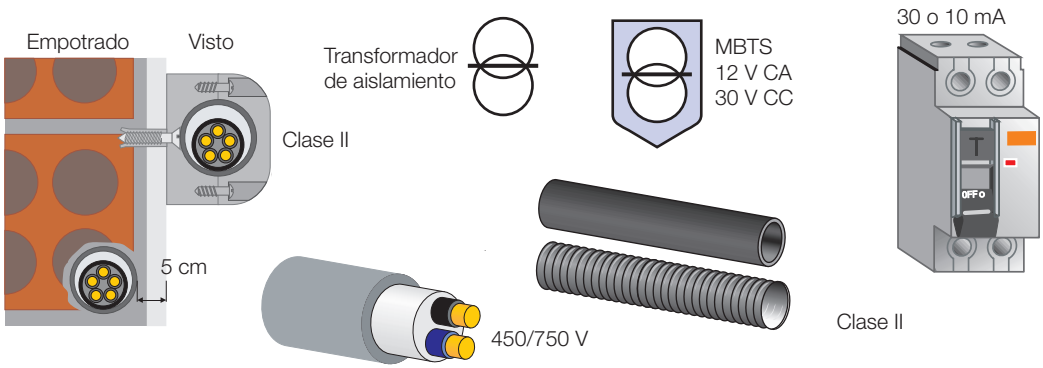


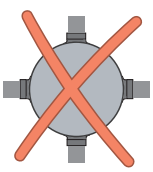
□ IKxx.
□ Recomendado IK07.
Si la instalación se realiza bajo una protección particular de grado IK07 (por ejemplo un foco bajo la protección de un ojo de buey) puede ser de grado IK02.
□ IK08, si en el volumen se pueden practicar juegos con balones.



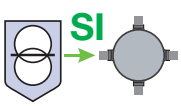
■ Conducciones:
□ Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm y siempre que sea posible en el perímetro del volumen contiguo al volumen 2.
Para llegar al fondo del volumen, las alimentaciones en partes inferiores deben realizarse con conducciones de trazado vertical.
□ Solamente se admite que crucen circuitos a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada o bien alimentados con fuentes de separación situadas fuera del volumen 1 y capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto.
□ Pueden cruzar el volumen conducciones de Clase II , siempre que estos circuitos estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

□ Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en los volúmenes 0 o 1.
□ Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4 según ITC-BT-30.
□ Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 V según ITC-BT-30.

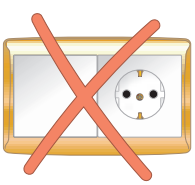




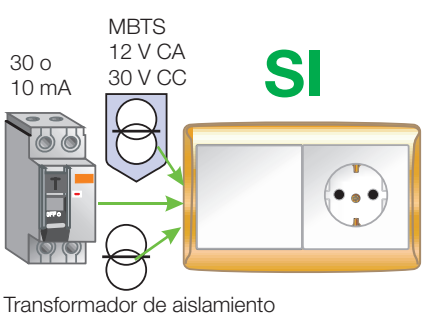
■ Cajas de conexión:
□ No se admiten cajas de conexión, a excepción de los circuitos a MBTS y con un grado de protección IPx5 y de Clase II.
Para su apertura deberá utilizarse un útil o herramienta y su unión con los tubos de las conducciones debe mantener el grado de protección IPx5.

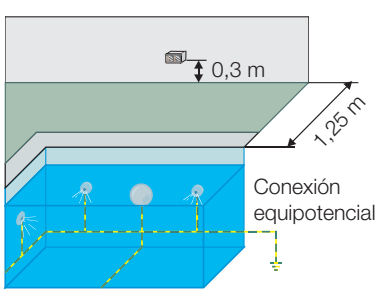


■ Mecanismos de maniobra:
□ No se pueden instalar mecanismos de maniobra (interruptores, programadores, bases toma de corriente...) en este volumen.
□ Se admiten que cuelguen cordones aislantes de un mecanismo situado fuera de los volúmenes 0 y 1.



■ Piscinas pequeñas:
□ En piscinas pequeñas, en las que por sus dimensiones no existe volumen 2, se admiten bases de toma de corriente:
– Si se instalan fuera del alcance de la mano como mínimo a una distancia de 1,25 m a partir del volumen 0 y al menos a 0,3 m del suelo.
– Si están alimentadas por circuitos MBTS de tensión nominal no superior a 25 V CA o 60 V CC, alisada, estando la fuente de seguridad situada fuera de los volúmenes 0 y 1.
– Si están protegidas por corte automático de la alimentación con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como máximo de 30 mA.





– Están alimentados con fuentes individuales de separación situadas fuera de los volúmenes 0 y 1, capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto.

■ Otros aparatos fijos:

□ Queda reducido a aparatos fijos (por ejemplo: equipos de filtrado, contracorrientes, bombas de presión...) alimentados a MBTS de máximo 12 V CA y 30 V CC, alisada, siempre que cumplan los siguientes requisitos:

a) Los equipos eléctricos deberán estar situados en un recinto cuyo aislamiento sea equivalente a un aislamiento suplementario y con una protección mecánica AG2 (IK05 - choques medios), según la Tabla F8-003, página F/341 del 1.er Volumen (UNE 20460-3).

b) Los equipos eléctricos no deben ser accesibles más que por un registro (o puerta), por medio de una llave o un útil. La apertura del registro (o de la puerta) debe cortar todos los conductores activos de los equipos. La instalación del dispositivo de seccionamiento y la entrada del cable debe ser de Clase II o tener una protección equivalente.

c) Cuando el registro (o puerta) esté abierta, el grado de protección para los equipos eléctricos debe ser al menos IPxxB según UNE 20324.

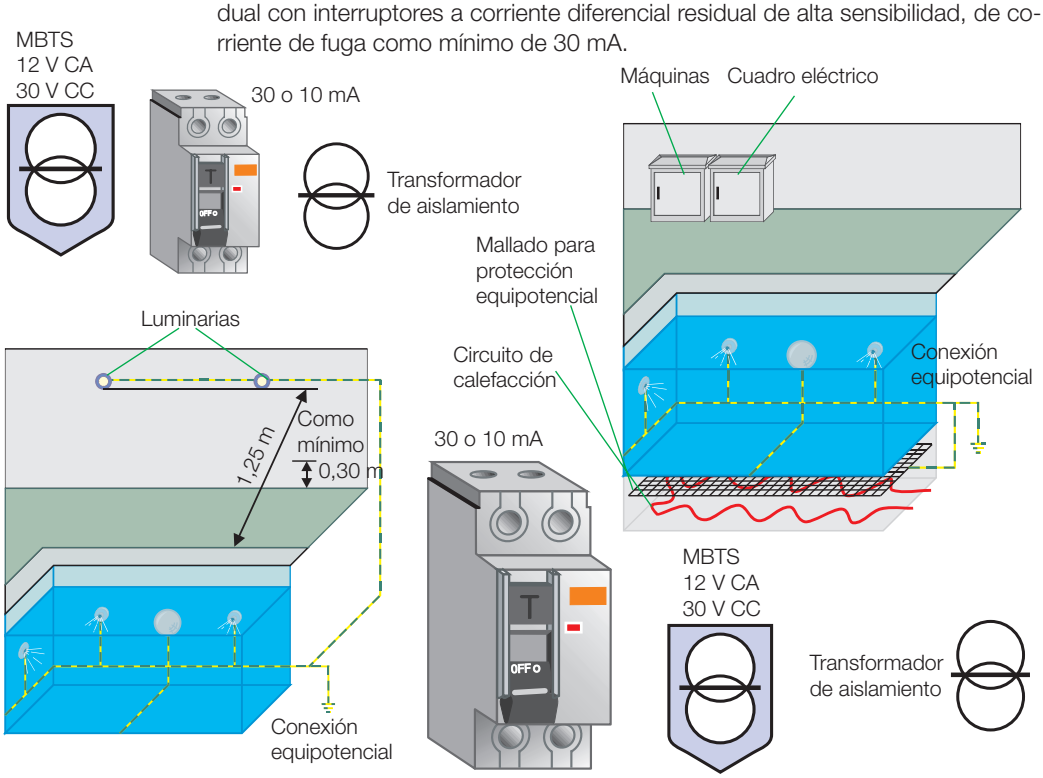
d) La alimentación de estos equipos estará protegida:

– Bien por MBTS con una tensión asignada no superior a 25 V CC y 60 V CC, alisada, siempre que la fuente de seguridad esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

– Bien por que estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

– Por separación eléctrica, cuya fuente esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

□ Pueden instalarse bajo el volumen y de forma enterrada circuitos de calefacción siempre que entre ellos y la superficie exista un mallado de equipotencialidad, de conformidad al apartado “Uniones equipotenciales suplementarias”, página L/175. Si la calefacción es eléctrica, los circuitos deben estar protegidos de forma individual con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.



□ Las luminarias. Deben instalarse fuera del volumen 1, pero si están instaladas detrás de un ojo de buey o protector estanco, deben instalarse de forma que no pueda existir ningún contacto intencionado o no, con partes conductoras, de la mirilla u ojo de buey, accesibles y partes metálicas de la luminaria, incluyendo su fijación.
Las luminarias deberán cumplir con las prescripciones de construcción de la norma UNE-EN 60598.

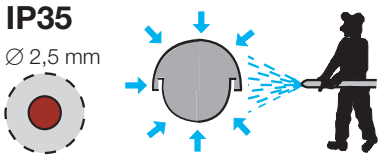
■ Piscinas pequeñas.
En piscinas pequeñas donde no haya espació para instalar luminarias fuera del volumen 1, se admite su instalación en él si se sitúan a una distancia del límite del volumen 0 de 1,25 m y deben estar protegidas por:
□ La alimentación de un circuito a MBTS.
□ La protección por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.
□ Por separación eléctrica, cuya fuente esté situada fuera de los volúmenes 0 y 1.
Además las laminarias deben poseer una envolvente de Clase II o similar y protección a los choques AG2 (IK5 - choques medios), según la Tabla F8-003, página F/341 del 1.er Volumen (UNE 20460-3).

■ Otros aparatos móviles.
Los autorizados en el volumen 0.

En el volumen 2

En las fuentes no se considera el volumen 2:

■ Grado de protección. En el volumen 2 le corresponde un grado de protección de los materiales:
□ IPx2: según ITC-BT-27, para piscinas en el interior de edificios no limpiadas a chorro de agua.
□ IPx4: según ITC-BT-27, para piscinas en el exterior de edificios no limpiadas a chorro de agua.
□ IPx5: según ITC-BT-27, limpiadas a chorro de agua.
□ Recomendado IP35.

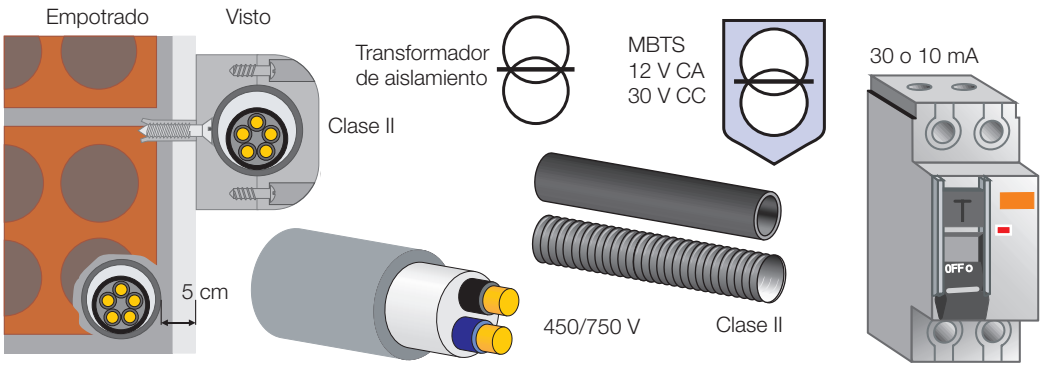


□ IKxx.
□ Recomendado IK05.
Si la instalación se realiza bajo una protección particular de grado IK05 (por ejemplo un foco bajo la protección de un ojo de buey) puede ser de grado IK02.
□ IK08, si en el volumen se pueden practicar juegos con balones.

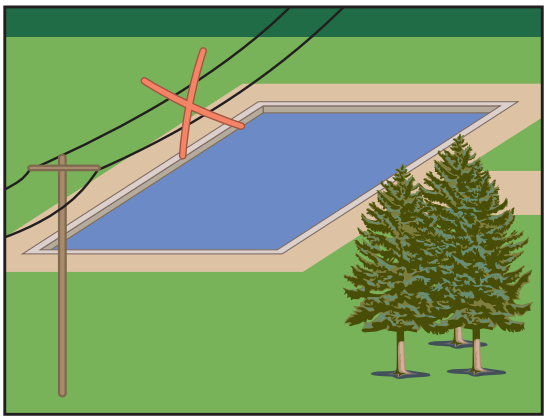


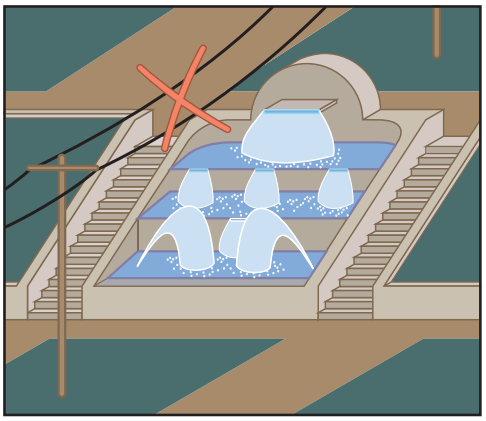
■ Conducciones:
□ Las conducciones deben ser de superficie, del grado 4 de protección a la corrosión o como mínimo empotradas 5 cm.
□ Solamente se admite que crucen circuitos que estén:
– Alimentados por una fuente a MBTS.
– Protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.
– Alimentados por fuentes con separación eléctrica capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto y cuya fuente esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
□ Las conducciones que deban situarse en este volumen serán de Clase II, sin ningún revestimiento metálico y quedan limitadas a los conductos necesarios para el control y alimentación de los materiales permitidos, para una instalación fija, en los volúmenes 0, 1 o 2.
□ Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4 según ITC-BT-30.

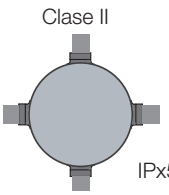
□ Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 V según ITC-BT-30.



□ Sobre las piscinas y fuentes no deben situarse líneas aéreas.







■ Cajas de conexión.

□ Se admiten cajas de conexión de Clase II.

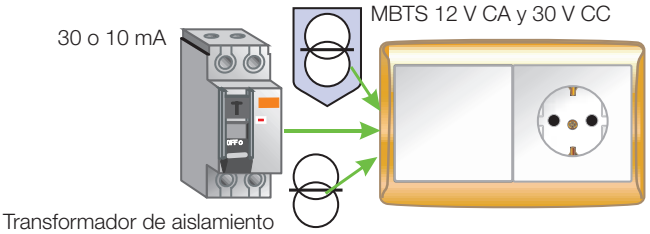
Para su apertura deberá utilizarse un útil o herramienta y su unión con los tubos de las conducciones debe mantener el grado de protección correspondiente al volumen 2 e IPxxB.

■ Mecanismos de maniobra.

□ Se pueden instalar mecanismos de maniobra (interruptores, programadores, bases toma de corriente...) en este volumen, siempre que cumplan los siguientes requisitos:

– Si están alimentados por circuitos de MBTS, si las fuentes están situadas fuera de los volúmenes 0, 1 y 2 y si estos circuitos están protegidos por corte automático de la alimentación con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

– Si están alimentados con fuentes individuales de separación situadas fuera de los volúmenes 0, 1 y 2, capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto.



■ Otros aparatos fijos.
Los autorizados en el volumen 1.
■ Otros aparatos móviles.
Los autorizados en el volumen 0.

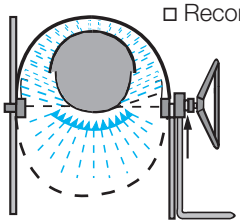
En las instalaciones eléctricas en saunas

En el apartado 4.5.4. “Elección e instalación de los materiales eléctricos”, página L/188, hemos expuesto el espíritu de la norma UNE-EN 20460-7-703. En la página LR.2/00, encontraremos la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Baja Tensión ITC-BT-50. Instalaciones eléctricas en locales que contienen radiadores para saunas.

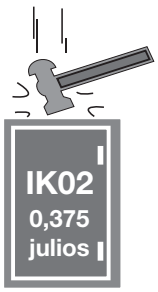
Esta ITC-BT-50 nos remite a la UNE 20460-7-703, correspondiente al apartado citado de este volumen y a todo el espíritu normativo del capítulo L, apartado 2. “Prescripciones sobre las protecciones para garantizar la seguridad”, página L/5, y el apartado 3. “Elección e instalación de materiales eléctricos”, página L/77, y más particularmente el apartado 4.5. “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas”, página L/187.

■ Grado de protección:
□ IP24: según ITC-BT-50.
□ Recomendado IPx4.

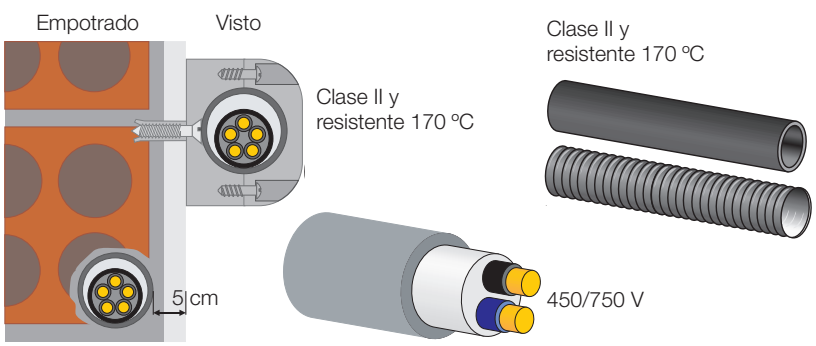




□ IKxx.
□ Recomendado IK02.

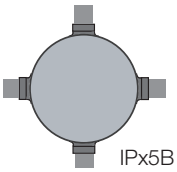


■ Conducciones:
□ Las conducciones en las salas con saunas se deben basar en el apartado “Protección empleando materiales de Clase II o mediante aislamiento equivalente”, página L/25.
□ Las conducciones deben situarse preferentemente en la zona 2 y sólo se admite:
– Una derivación a la zona 1 para la alimentación del radiador.
– Una derivación a la zona 4 para la alimentación de los dispositivos de control del radiador.
□ Las conducciones deben poder soportar una temperatura de por lo menos 170 ºC, en las zonas de seguridad 1, 3 y 4.
□ Las conducciones deberán presentar un grado de protección IPx4B según ITC-BT-30.



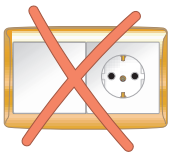
□ Los conductores deberán ser de una tensión asignada de 450/750 V según ITC-BT-30.
□ Las conducciones vistas deberán poder soportar el grado de corrosión 4.

Clase II

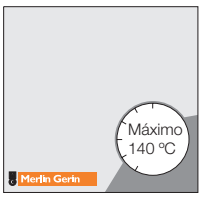


IPx5B

■ Cajas de conexión.
□ Se admiten cajas de conexión de Clase II.
Para su apertura deberá utilizarse un útil o herramienta y su unión con los tubos de las conducciones debe mantener el grado de protección correspondiente y con el añadido de la protección B (IPxxB).



■ Mecanismos de maniobra.
No deben colocarse bases tomas de corriente en el local y los mecanismos no adscritos al radiador deben situarse fuera del local.



IPx4B

■ Aparamenta:
□ En la zona 1.
Sólo se admite la aparamenta incorporada en el radiador.
□ En las zonas 2 y 3.
No se admite ninguna instalación.
□ En la zona 4.
Sólo se admite la aparamenta de control del radiador. Debe instalarse un termostato de seguridad, que en el caso en que la temperatura de la zona llegue a 140 ºC desconecte el radiador.
■ Otros aparatos fijos.
Sólo se admiten laminarias de Clase II y adecuadas a la temperatura de la zona (preferentemente la 4.ª).
■ Zonas de seguridad. Se definen 4 zonas:
□ Zona 1: sólo se admiten los radiadores para saunas.
□ Zona 2: no es necesario tomar consideraciones especias para los materiales desde el punto de vista de resistencia al calor.
□ Zona 3: los materiales deben poder soportar, al menos, una temperatura de 125 ºC y los conductores una temperatura de al menos 170 ºC.
□ Zona 4: sólo se pueden instalar las luminarias, los dispositivos de mando de los radiadores para saunas (termostatos y limitadores de temperatura) y las conducciones para conectarlos a los cuadros o equipos.
La resistencia al calor es la misma que la correspondiente a la zona 3.

ITC-BT-36-3

En todo el capítulo se ha hecho referencia a la corriente continua alisada. El concepto de alisada se refiere a que la oscilación de la onda de tensión no es superior al 10% del valor eficaz; el valor máximo de cresta no será superior a 140 V para una tensión nominal de 120 V en corriente continua alisada y de 70 V para una tensión de 60 V en corriente continua alisada.

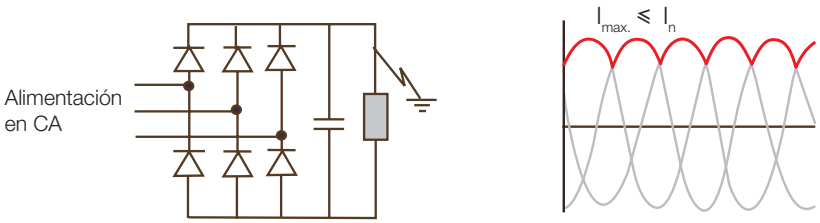


Fig. L6.2-018: *característica de la corriente continua alisada.*

Locales o emplazamientos		Grados mínimos de protección de los materiales		Clases de protección contra los choques eléctricos[2] Clase			Ambiente		Canalizaciones	
									Cables	Conductos
		IP	IK	I	II	III	AF	BE	400/750 V	Clase II
Salas con baños y duchas	Volumen 0	37	07		(1)		4	1	(3)	(3)
	Volumen 1	35	07		(1)		4	1	(4)	(4)
	Volumen 2	35	07		(1)		4	1	(4)	(4)
	Volumen 3	23-25	02		(2)		4	2		
Piscinas	Volumen 0	38	07		(1)		4	1	(5)	(5)
	Volumen 1	35	07		(1)		4	1	(5)-(4)	(5)-(4)
	Volumen 2	35	05		(2)		4	2		
Fuentes	Volumen 0	38	07		(1)		4	1	(5)	(5)
	Volumen 1	35	07		(2)		4	1	(5)-(4)	(5)-(4)
Saunas		44	02		(2)		4	2	(6)	(6)

(1) Solamente se admite que crucen circuitos a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada.

(2) Se admiten circuitos:
– Alimentados a MBTS de 12 V en CA y 30 V en CC.
– Alimentados a través de un transformador de aislamiento, con aislamiento equivalente a los de MBTS.
– O circuitos que estén protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

(3) No se admite ninguna conducción.

(4) Se admite el cruce de circuitos de Clase II, protegidos con interruptores a corriente diferencial residual.

(5) Se admiten conducciones si no están al alcance de personas situadas dentro del agua.

(6) Las conducciones deben poder soportar las temperaturas propias del volumen.

Tabla L6.2-019: *resumen de características de las protecciones y los circuitos.*

En las instalaciones eléctricas en locales o zonas donde el cuerpo humano puede estar mojado

Tanto las normas UNE como el Reglamento de BT no detallan todos los casos donde el cuerpo humano puede estar mojado, pero sí que todos se refieren a la situación de protección que el cuerpo humano necesita cuando está húmedo o mojado (BB3), con una tensión de contacto máxima permanente de 12 V en CA y 30 V en CC, alisada. Ver apartado 1. “Generalidades”, página G/31 del 2.º Volumen:

■ La normativa expone unos casos específicos para los que dispone de especificaciones propias, tales como:

□ Sección 701: locales que contengan una bañera o una ducha - UNE 20460-7-701.

□ Sección 702: piscinas - UNE 20460-7-702.

□ Sección 703: locales que albergan radiadores para saunas - UNE 20460-7-703.

□ Sección 709: instalaciones marinas y en barcos de recreo - UNE 20460-7-709.

■ El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en las Instrucciones Técnicas Complementarias, expone un condicionamiento de los locales:

□ ITC-BT-27. Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha.

□ ITC-BT-30. Instalaciones en locales de características especiales.

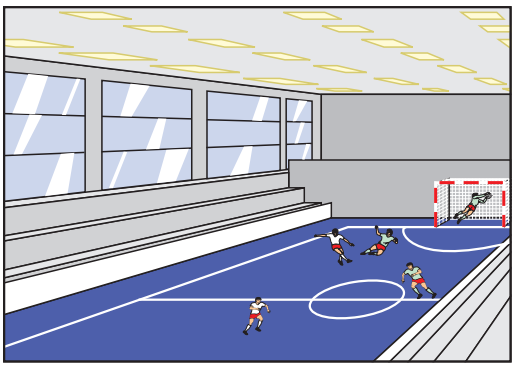
□ ITC-BT-31. Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes.

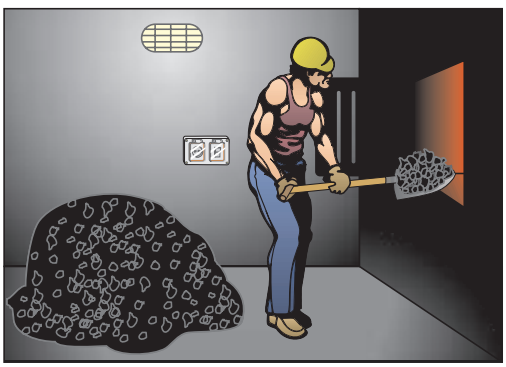
□ ITC-BT-42. Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo.

□ ITC-BT-50. Instalaciones eléctricas que contienen radiadores para saunas.

■ En estas normas e instrucciones técnicas encontramos un espíritu común, la tutela de la protección de los choques eléctricos en función de la presunta situación del cuerpo humano en relación con el agua del entorno, bien sea por una inmersión en ella, bien sea porque está en un entorno húmedo o mojado, pero nos falta una observación: cuando el cuerpo humano por su actividad desprende sudor y queda mojado.

El espíritu de la normativa y reglamentación también cubre esta situación; por tanto en todas las actividades de trabajo o deportivas que el cuerpo humano puede quedar húmedo o mojado por el sudor, como:





También deberemos tener en consideración medidas especiales tales como:

– Alimentados por una fuente a MBTS, 12 V CA o 30 V CC, alisada.

– Protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, de corriente de fuga como mínimo de 30 mA.

– Alimentados por fuentes con separación eléctrica capaces de soportar un ensayo dieléctrico a 500 V durante un minuto.

6.2.2.3. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos

En el apartado 6.2.2.2. “Elección de los materiales a instalar en los diferentes volumenes”, página L/374 podemos apreciar que:

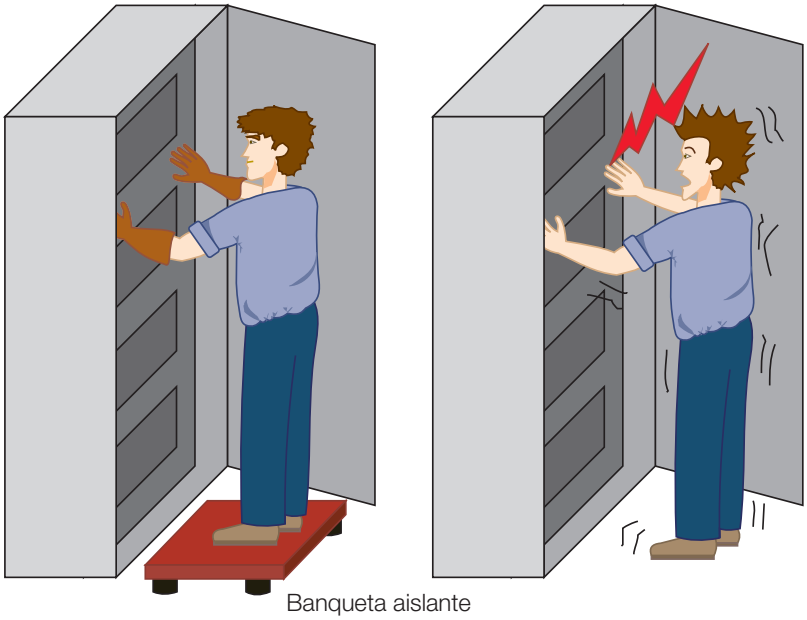
■ En los volúmenes críticos sólo se permite el paso de canalizaciones de Clase II con un grado de protección IPx7, albergando circuitos de MBTS a 12 V CA, 30 V CC.

■ La ubicación de elementos fijos para alumbrado o hidromasaje en los baños o piscinas; conductos de agua para el reciclaje del agua, su depuración o para el incremento de la presión tanto en baños, piscinas o fuentes. Los elementos fijos de los equipos necesarios para estas funciones deben estar situados fuera de los volúmenes 0, 1 y 2 en baños y piscinas, y del 0 y 1 en las fuentes.

■ Las partes conductoras con posibilidad de acceso después de la apertura de una puerta o registro por medio de un útil o llave, deben protejerse con la instalación de un interruptor de desconexión general de la alimentación y en los bornes un refuerzo de protección al grado IP correspondiente a IPxxB.

B = protección de las partes conductoras para no poder ser tocadas por un dedo.

Incluso atendiendo todas las prescripciones, en las zonas mojadas, toda precaución es poca y siempre es recomendable situarse sobre una superficie aislante seca, antes de acceder a zonas con elementos conductores.



Banqueta aislante

Protección contra los contactos indirectos

Según lo especificado en el apartado 6.2.2.2. “Elección de los materiales a instalar en los diferentes volúmenes”, página L374, las medidas de protección se resumen en dos:

a) Medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático de la alimentación.

b) Medidas de protección por corte automático de la alimentación basada en la limitación del tiempo de contacto y de la limitación de la intensidad de circulación por el cuerpo humano).

En el capítulo G, apartado 3. “Protección contra los contactos indirectos”, página G/53 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de desarrollar y calcular las protecciones, y en los capítulos contiguos el desarrollo en función del régimen de neutro de la alimentación.

■ Red equipotencial específica para las zonas con situación del cuerpo humano mojado (BB3):

□ Todas las masas metálicas y elementos conductores susceptibles de colocarse bajo tensión por cualquier concepto circunstancial deben estar unidas en una propia red de equipotencialidad, que debe conectarse al borne principal de toma de tierra.

□ Masas.

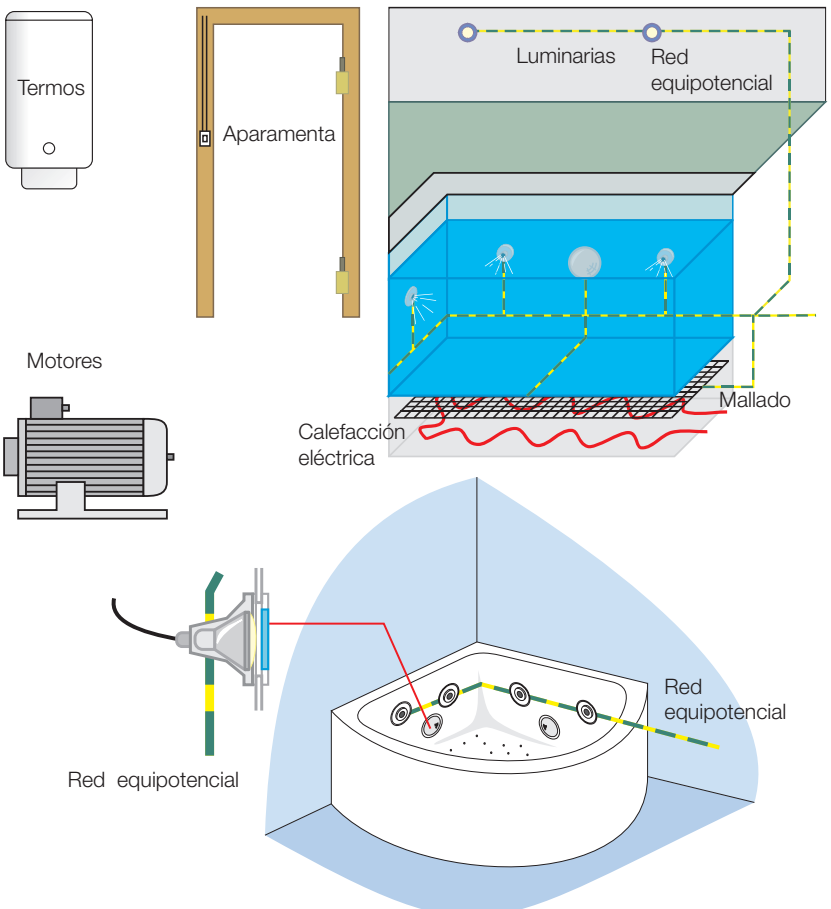


Fig. L6.2-020: *masas a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Elementos conductores.

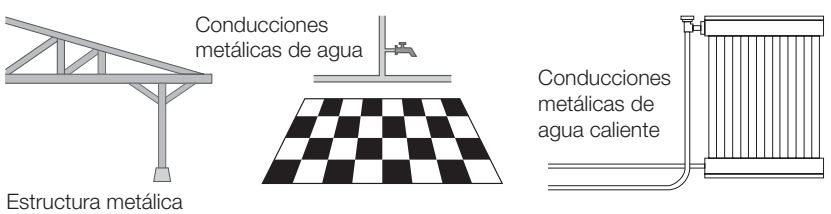


Fig. L6.2-021: *elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Unión equipotencial principal.

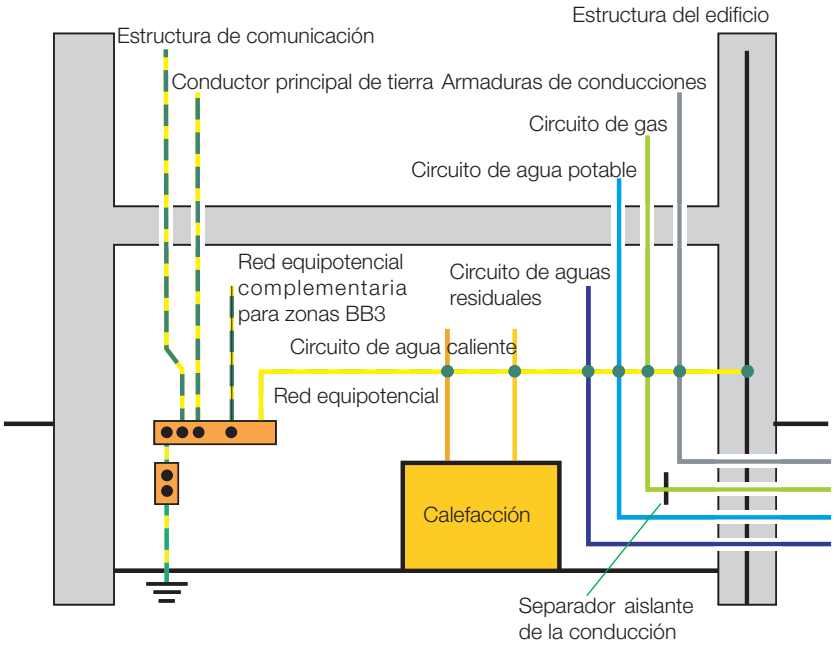


Fig. L6.2-022: *red equipotencial complementaria en zonas BB3.*

Cuando se eligen protecciones con MBTS o con transformadores de separación con aislamiento equivalente, el ser humano solo queda sometido a un choque eléctrico cuando el circuito queda cerrado entre dos conductores activos, puesto que la fuente no dispone de puesta a tierra no llega a cerrar el circuito a través de ella y no pueden existir derivaciones, por tanto todas las protecciones contra los choques eléctricos se concentran en la protección de las partes activas para que no sean accesibles al cuerpo humano.

Nota: esta exposición es cierta a medias; al utilizar esta expresión de "cierta a medias" se quiere hacer resaltar que si hablamos de redes de gran longitud éstas tienen una capacitancia y resistencia con respecto a tierra, y que normalmente es menor el valor de perforación de la capacitancia que la de la resistencia, y puede existir un circuito a través de tierra si lo comunicamos con una perforación de la capacitancia de la red con respecto a tierra.

■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 12 V CA, o 30 V CC, alisada, la diferencia de potencial no es suficiente para proporcionar una circulación de intensidad en el cuerpo humano capaz de provocarle la fibrilación ventricular, pero desconocemos si puede crear en el tiempo otras alteraciones.

■ Si la protección es con una fuente de separación con aislamiento equivalente y la tensión es superior a los 12 V CA, o 30 V CC, alisada, un contacto entre conductores activos puede llegar a provocar la fibrilación ventricular, pero un contacto a un solo conductor activo no por que no cierra el circuito para que circule una intensidad.

■ Si la protección es por medio de un interruptor a corriente diferencial residual de alta sensibilidad para cada carga o circuito, sólo protege los contactos entre un conductor activo y masa (tierra) si el régimen de neutro es un:

□ TT, neutro del transformador a tierra y masas a tierra.

□ TN-S, neutro del transformador a tierra y masas a conductor de protección, pero en la modalidad de separación del conductor de protección del neutro.

□ IT, neutro del transformador aislado de tierra y masas a tierra.
Todos ellos cumplirán con su función de protección si la tierra está debidamente calculada para una situación de BB3 (12 V CA, o 30 V CC, alisada) y mantenida. Ver apartados 3. “Protección contra los contactos indirectos”, página G/53, 4. “Instalación en régimen TT”, página G/81, 5. “Instalación régimen TN”, página G/140, 6. “Instalación régimen IT” pág. G/149 y 8. “Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas”, página G/227 del 2.º Volumen.
■ Si deseamos una mayor seguridad, no por la amplitud de los valores de las medidas que son los máximos conocidos, sino por disminuir el riesgo de la casuística de un fallo, independientemente de las revisiones periódicas de los valores de puesta a tierra, debemos colocar dos interruptores a corriente diferencial de alta sensibilidad en serie para anular prácticamente el riesgo de fallo de uno de ellos.

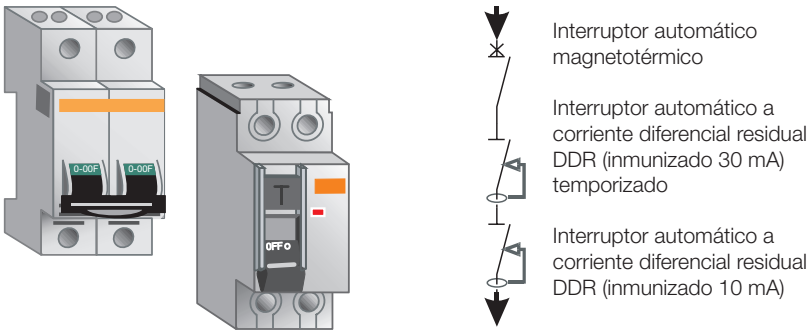


Fig. L6.2-023: *circuito de protección de gran seguridad.*

6.2.2.4. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar dos incidencias térmicas que acostumbran a dar problemas si no se tienen en consideración.

El calentamiento excesivo en las luminarias:

■ Los casquillos de las lámparas que obliga a la utilización de conductores resistentes a la temperatura, de como mínimo 125 ºC.
■ Las lámparas desprenden una cantidad de energía térmica que las luminarias deben poder soportar y disipar, cuidado en la elección de las luminarias en función del calor desprendido por la fuente de luz y las temperaturas ambientales a soportar. ¡Atención! a las luminarias de Clase II.

El calentamiento excesivo en las conducciones

Debemos considerar las intensidades que deben circular en los conductores y el espacio suficiente de las conducciones, independientemente de los cálculos que debemos efectuar de conformidad al capítulo H1. “Los circuitos y su dimensionado” del 2.º Volumen, encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.

En la mayoría de las instalaciones que realizamos las tensiones empleadas son tensiones de seguridad de 12 V, lo cual obliga a secciones superiores que no estamos tan habituados a manejar.

Calentamiento de las cajas de conexión

Debemos tener mucho cuidado con los bornes de los circuitos de MBTS, puesto que las intensidades son superiores y las tensiones inferiores, por tanto la caída de tensión por contacto representa un calentamiento muy superior en relación a las instalaciones comunes a tensiones nominales más comunes.

Calentamiento en el interior del cuadro general
Deberemos prever un tipo de cuadro capaz de soportar las inclemencias atmosféricas con el grado de protección (IPxxB) correspondiente, pero que permita la evacuación del calor desprendido de la aparamenta, bien sea de forma natural o forzada.

6.2.2.5. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1. "Los circuitos y su dimensionado" del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.
■ 3.2. "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", página H1/74 del 2.º Volumen.
■ 3.2.2. "Determinación de la sección en función de las caída de tensión", página H1/82 del 2.º Volumen.
■ 3.2.3. "Determinación de la sección en función de las corrientes de cortocircuito", página H1/88 del 2.º Volumen.
■ 3.2.4. "Los conductores de protección PE", página H1/108 del 2.º Volumen.
■ 3.2.5. "El conductor neutro", página H1/114 del 2.º Volumen.

Determinación de los materiales de protección
En el capítulo H2, apartado 3.2. "La aparamenta de protección contra las sobreintensidades", página H2/78 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.

6.2.2.6. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H1, apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 y apartado 4. "Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones" del 2.º Volumen, encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones.

6.2.2.7. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En una red deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo las precauciones expresadas en el apartado 7.3 "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/264 del 1.er Volumen.
Puede ser muy importante la CEM en los cuadros de mando de las instalaciones, y por tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8 "Los cuadros eléctricos y la CEM", página F/152 del 1.er Volumen, y el apartado "Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros" H2/262 del 2.º Volumen.

6.2.2.8. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

■ En las instalaciones de baños y duchas prácticamente no tiene incidencia, pero en las instalaciones de piscinas y fuentes el arranque de los motores de reciclaje del agua o los correspondientes a la presión pueden tener incidencia sobre el alumbrado, debiendo prever en algunos casos rampas de arranque, (en el próximo volumen donde desarrollaremos el contenido correspondiente al capítulo M "Seguridad en las máquinas", quedará el tema desarrollado).
■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.
No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.

■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.
■ Si el corte es suficientemente importante para llegar a descebar las lámparas de descarga, entonces debemos tener en consideración que un rearme automático no es conveniente, por tanto deberemos controlar estos casos con:
□ La instalación de una bobina de mínima tensión para que desconecte la alimentación.
□ La instalación de un temporizador para iniciar el encendido después de un tiempo de enfriamiento de las lámparas para reanudar el proceso de encendido en condiciones favorables.
En el caso de que tengamos unos determinados puntos luz en zonas muy críticas que un fallo de alumbrado puede causar situaciones peligrosas para las personas, es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI, ver capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)" del 3.er Volumen.

6.2.2.9. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento...).
Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN (en este caso sólo podemos utilizar la solución TN-S, o sea que el conductor de protección y el conductor neutro son distintos y solamente tienen en común que están unidos a tierra en su origen).
■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.
■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno de los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conducto deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados.
Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez.
■ En la práctica, un dispositivos de seccionamiento debe ser previsto al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.
■ En el último caso el seccionamiento puede ser asegurado:
□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte omnipolar.
□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

6.2.2.10. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT especifica sobre el tema, porque está desarrollado en el Real Decreto 1955\2000. Hoy no se dispone de

las instrucciones técnicas complementarias al Real Decreto, pero sí que se pueden empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA

REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.
3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalación puede transmitir a la red pública de suministro son: las posibles sobretensiones atmosféricas que puede captar el edificio, los armónicos de sus cargas, una excesiva energía inductiva y las posibles bajadas de tensión producidas por las puntas de arranque de ciertas cargas.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas
Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.

La protección contra las sobretensiones de la red
Estudio según las instrucciones del apartado 4.1. “Elección de las protecciones”, página H2/249 del 2.º Volumen.

La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión en salas de baños no es importante, pero en piscinas y fuentes luminosas tanto el alumbrado como las rampas de los equipos de arranque y presión es considerable y supera el 8% global tolerado en la norma UNE-EN 50160 y alcanza hasta un 36% en el alumbrado y un 75% en las rampas, por tanto deberemos corregir los armónicos con un compensador activo SineWave THM.

El ahorro de consumo
La ITC-BT solicita la implantación de técnicas para el ahorro energético:
■ Consumo: circuitos discriminados para limitar el consumo a las prestaciones necesarias.
■ Intensidades luminosas adecuadas a la función.
■ Reducción de la intensidad luminosa en horas de afluencia reducida en la zona iluminada.
El estudio del control energético y las técnicas que Schneider Electric ofrece las hemos comentado en el capítulo K y por su importancia y extensión han ocupado todo el 4.º Volumen de este manual.

El equilibrio entre la potencia aparente y la activa
En el capítulo D, apartado “Complemento por energía reactiva”, página D/47 del 1.er Volumen disponemos de la información correspondiente a la contratación de la energía y de los costes del kVAr.

En el capítulo E “La compensación de la energía”, página E/3 del 1.er Volumen, dispondremos de los datos necesarios para ayudar a tomar una decisión adecuada al tema, no obstante se observa una tendencia de los órganos de reglamentación a reducir las pérdidas en los conductores, y por tanto del consumo, producidas por el desfase de la tensión y la intensidad.
Por ejemplo, en la instrucción ITC-BT-09 (de alumbrado exterior) solicita una compensación individual de cada carga hasta un cos φ de 0,9 como mínimo, a veces difícil de lograr en cada punto luz, por causa de la dificultad de encontrar en el mercado productos estandarizados que logren este valor. Pero no es difícil ajustarse a valores al entorno de 0,85 y llegar al valor deseado para la contratación, con una compensación adicional al total de la instalación.

6.2.3. Instalaciones eléctricas donde el cuerpo humano está o puede estar parcialmente mojado o húmedo (BB2)

6.2.3.1. Consideraciones de los posibles casos

Con respecto al ser humano

Si el cuerpo humano está húmedo totalmente se encuentra en una situación de BB3 y ya lo hemos desarrollado. En este apartado pretendemos tratar aquellos casos en que el cuerpo humano esta húmedo o mojado parcialmente, por causa del propio contacto con el agua o por causas ambientales.
Al introducir el concepto de cuerpo humano mojado parcialmente, nos referimos en aquellas situaciones en que el cuerpo humano puede tener una parte del mismo mojado, que habitualmente son una o las dos manos, pero normalmente no es una constante el que estén mojadas.
Para estos casos el nivel de tensión permanente que puede soportar el cuerpo humano es de 24 V CA, o 60 V CC, alisada.

Con respecto al local

La ITC-BT-30 nos da una clasificación de locales húmedos y locales mojados:
■ Considera locales húmedos aquellos en que las condiciones ambientales manifiestan momentánea o permanentemente, bajo efectos de condensación en las paredes y techo, manchas salinas o moho aunque no lleguen a formar gotas.
■ Considera locales mojados aquellos en que las condiciones ambientales manifiestan momentáneamente o permanentemente, bajo efectos de condensación en las paredes y techo manchas salinas o lodos, llegando a formar gotas de condensación o vaho, aunque no sea permanentemente.

No es fácil discernir entre un local húmedo o mojado con una sola inspección o a priori en el momento de definir un proyecto de instalación, el mantenimiento, la limpieza, las incidencias de actuación del proceso son difíciles de precisar.
Se puede proponer que, en todos los locales donde un ser humano pueda tener una de sus partes húmeda o mojada, por la propia actividad o por las condiciones ambientales, independientemente del respeto y cumplimiento de las prescripciones de la ITC-BT-30, aplicaremos las medidas de locales mojados.

Presentamos diversas situaciones en el entorno doméstico e industrial y comercial que cumplen los requisitos del tema que estamos tratando.

Ejemplos domésticos

En una vivienda tenemos zonas del interior con situaciones de partes del cuerpo mojado y todas las exteriores (terrazas, patios, jardines...) que por prescripción de la ITC-BT-30 están consideradas como zonas mojadas todas las instalaciones a la intemperie. Así mismo se pueden considerar zonas mojadas:

■ La cocina.



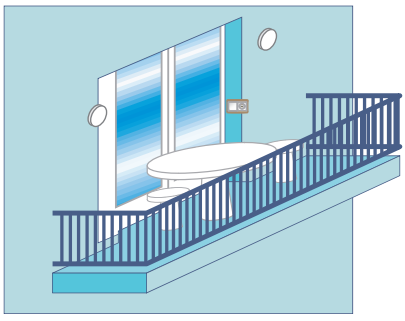
■ Los servicios: lavabos, bidé...



■ El lavadero.



■ La terraza.



Y todas las situaciones en que el ser humano puede estar en contacto parcialmente con el agua.

Ejemplos de comercios

■ Las pescaderías.



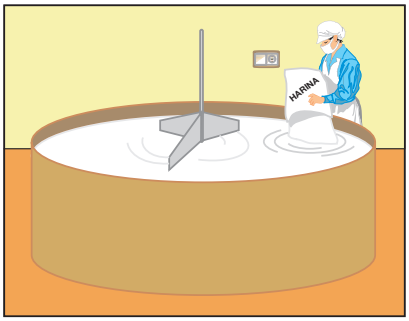
■ Los bares y restaurantes.



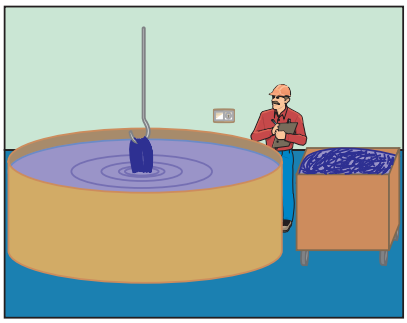
Y todas las situaciones en que el ser humano puede estar en contacto parcialmente con el agua.

Ejemplos industriales

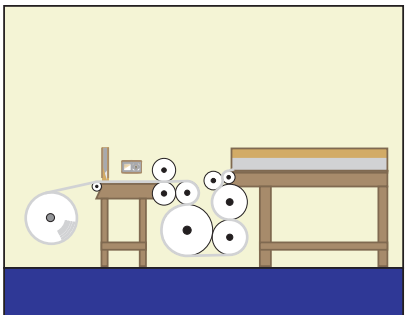
■ Los obradores de las panaderías y pastelerías.



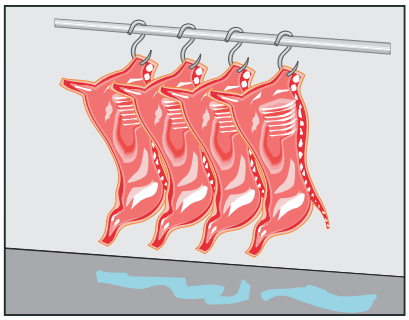
■ Las tintorerías y las industrias del tinte y apresto.



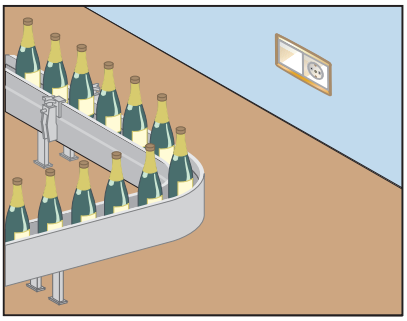
■ Las papeleras, curtidos, detergentes.



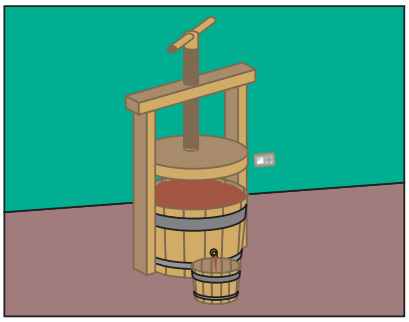
■ Industrias cárnicas, mataderos...



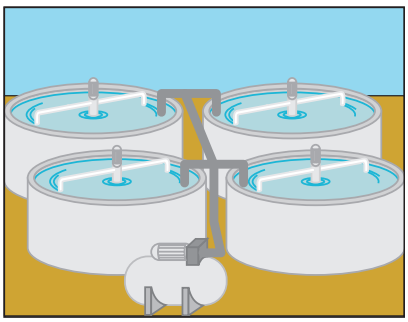
■ Las industrias del vino, leche y derivados, aceite, agua enbotellada, zumos...



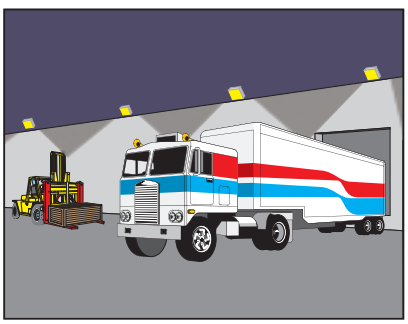
■ El prensado de frutas, uvas, aceitunas y semillas.



■ Depuradoras.



■ Instalaciones al aire libre.



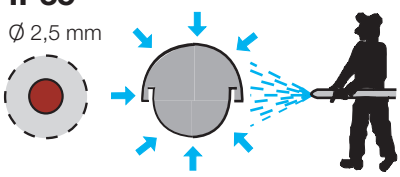
L
6.2

6.2.3.2. Elección de los materiales a instalar en los locales húmedos y mojados

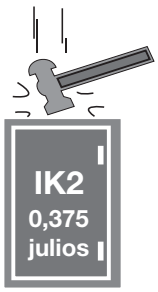
Locales húmedos

■ Grado de protección:
□ IPx1: según ITC-BT-30.
□ IPx5: para locales que pueden ser limpiados a chorro de agua.
□ Recomendado IP35.

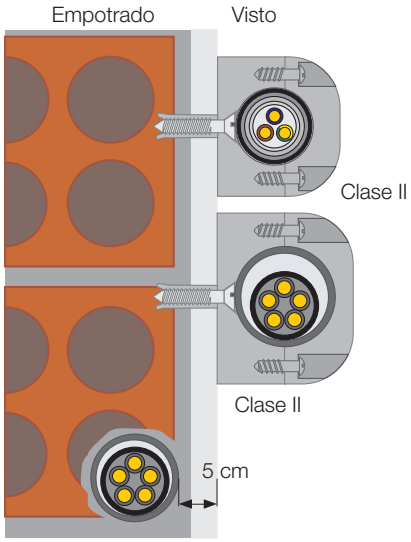
IP35

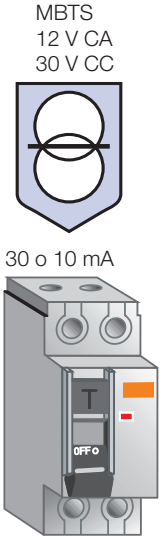


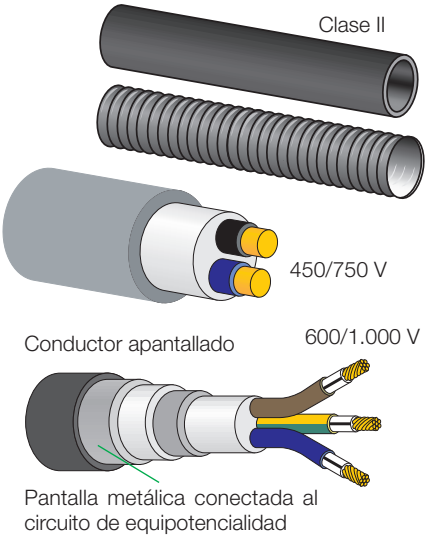
□ IK2.
□ Recomendado IK2.
Si en la instalación se realizan trabajos con elementos pesados o de gran volumen con vehículos de elevación y transporte y los equipos eléctricos están en el volumen de actuación de estos elementos de transporte; el grado debe ser IK8.

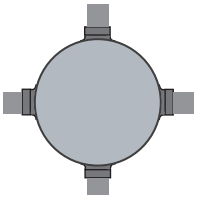


■ Conducciones.
Los circuitos pueden ser alimentados por fuentes a MBTS de como máximo 24 V CA, o 60 V CC, alisada, o por circuitos protegidos por interruptores a corriente diferencial residual que garanticen una tensión de contacto de 24 V CA, o 60 V CC, alisada:
□ Las conducciones:
– Con conductores aislados deben ser realizadas vistas, del grado 3 de protección a la corrosión, o como máximo empotradas 5 cm.
– Con canalizaciones prefabricadas también deberán presentar el grado de protección IPx1 bien sea por construcción o por una protección adicional en la obra.
□ Conducciones protegidas con interruptores a corriente diferencial residual que garanticen una tensión de contacto de 24 V CA, o 60 V CC, alisada.
– Si se realizan con conductores de una tensión asignada de 450/750, según ITC-BT-30, deberán estar situados dentro de canalizaciones de Clase II, empotradas o vistas.
– Si se realizan con conductores aislados y armados de tensión asignada de 0,6/1 k, según ITC-BT-30, deberán estar situados en huecos de construcción o vistos, siempre sujetos con soportes hidrófugos y aislantes.







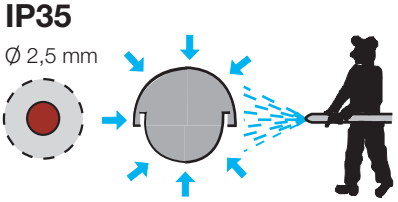


■ Cajas de conexión:
□ Se admiten cajas de conexión de Clase II y Clase I con puesta a tierra.
□ Para su apertura deberá utilizarse un útil o herramienta y su unión con los tubos de las conducciones debe mantener el grado de protección correspondiente IPxxB.
■ Mecanismos de maniobra:
□ Se pueden instalar mecanismos de maniobra (interruptores, programadores, bases toma de corriente...) en este volumen, siempre que cumplan los siguientes requisitos:
– Cumplan con las condiciones del grado de protección, por construcción o instalación.
– Que sean de Clase II o Clase I con puesta a tierra, de construcción o por instalación.
■ Otros aparatos fijos:
□ Deberán cumplir los grados de protección correspondientes.
□ Deberán ser de Clase II o Clase I con puesta a tierra.
■ Otros aparatos móviles.
Los aparatos portátiles serán de Clase II. Según ITC-BT-43.

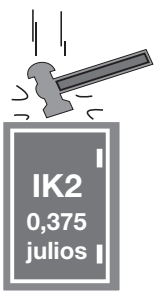
Locales mojados

■ Grado de protección:
□ IPx4: según ITC-BT-30.
□ IPx5: para locales que pueden ser limpiados a chorro de agua.
□ Recomendado IP35.

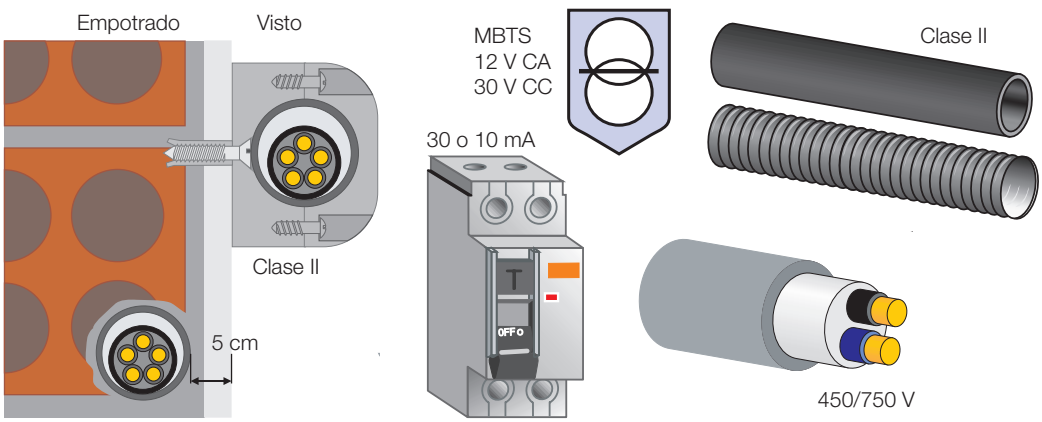
IP35



□ IK2.
□ Recomendado IK2.
Si en la instalación se realizan trabajos con elementos pesados o de gran volumen con vehículos de elevación y transporte y los equipos eléctricos están en el volumen de actuación de estos elementos de transporte, el grado debe ser IK8.



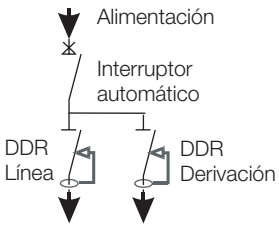
■ Conducciones.
Los circuitos pueden ser alimentados por fuentes a MBTS de como máximo 24 V CA, o 60 V CC, alisada, o por circuitos protegidos por interruptores a corriente diferencial residual que garanticen una tensión de contacto de 24 V CA, o 60 V CC, alisada.
□ Las conducciones:
– Con conductores aislados deben ser realizadas vistas, del grado 4 de protección a la corrosión, o como máximo empotradas 5 cm.



– Con canalizaciones prefabricadas también deberán presentar el grado de protección IPx4 bien sea por construcción o por una protección adicional en la obra.

□ Conducciones protegidas con interruptores a corriente diferencial residual que garanticen una tensión de contacto de 24 CA, o 60 CC, alisada.

Deben con conductores de una tensión asignada de 450/750, según ITC-BT-30, deberán estar situados dentro de canalizaciones de Clase II, empotradas o vistas.



■ Dispositivos de protección de las conducciones.

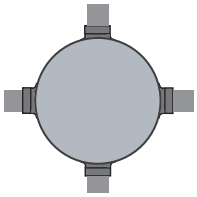
Se instalará un dispositivo de protección para cada línea y para cada ramal situado en el ambiente considerado mojado.

■ Cajas de conexión:

□ Es preferible que no estén dentro del local.

□ Se admiten cajas de conexión de Clase II.

Para su apertura deberá utilizarse un útil o herramienta y su unión con los tubos de las conducciones debe mantener el grado de protección correspondiente IPxxB y como mínimo IPx4B.



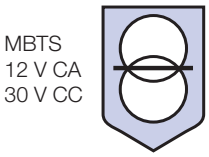
■ Mecanismos de maniobra:

□ Es preferible que no estén dentro del local.

□ Se pueden instalar mecanismos de maniobra (interruptores, programadores, bases toma de corriente...) en este ambiente, siempre que cumplan los siguientes requisitos:

– Cumplan con las condiciones del grado de protección, por construcción o instalación. Grado mínimo IPx4B.

– Que sean de Clase II, por construcción o por instalación.



■ Otros aparatos fijos:

□ Deberán cumplir los grados de protección correspondientes.

□ Deberán ser de Clase II o Clase I con puesta a tierra.

■ Otros aparatos móviles:

Los aparatos portátiles serán de Clase II y alimentados con circuitos a MBTS.

L
6.2

6.2.3.3. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos

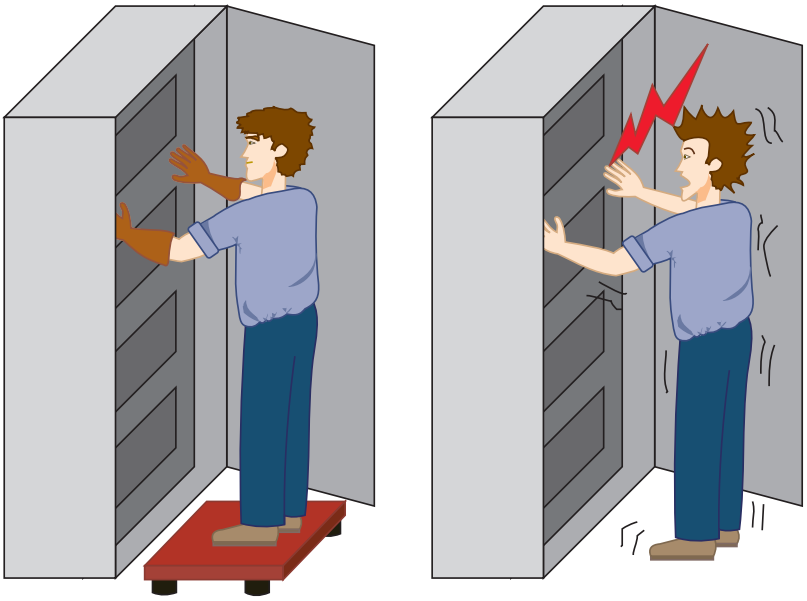
■ En los locales solo se permite el paso de canalizaciones de Clase II con un grado de protección IPx4B albergando circuitos de MBTS hasta 24 V CA, o 60 V CC, o por circuitos protegidos por interruptores a corriente diferencial residual que garanticen una tensión de contacto de 24 V CA, o 60 V CC, alisada.

■ En los locales húmedos, además de lo permitido en los locales mojados, se permite la colocación vista de conductores protegidos con pantalla metálica y sujetos con soportes de clase II. La pantalla debe ser conectada a la puesta a tierra y el conductor debe disponer de un aislamiento de 0,6/1 kV.

■ En las partes conductoras con posibilidad de acceso después de la apertura de una puerta o registro por medio de un útil o llave, debe colocarse un interruptor de desconexión general de la alimentación y en los bornes un refuerzo de protección al grado IP correspondiente a IPxxB.

B = protección de las partes conductoras para no poder ser tocadas por un dedo.

■ En las zonas mojadas toda precaución es poca y siempre es recomendable situarse sobre una superficie aislante seca antes de acceder a zonas con elementos conductores.



Protección contra los contactos indirectos

■ Según lo especificado en el apartado de elección de los materiales a instalar en los locales, las medidas de protección se resumen en dos:

a) Medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático de la alimentación (MBTS).

b) Medidas de protección por corte automático de la alimentación (basada en la limitación del tiempo de contacto y de la limitación de la intensidad de circulación por el cuerpo humano).

En el capítulo 3. “Protección contra los contactos indirectos”, página G/53, del 2.º Volumen, encontraremos la forma de desarrollar y calcular las protecciones, y en los capítulos contiguos el desarrollo en función del régimen de neutro de la alimentación:

■ Red equipotencial específica para los locales húmedos y los mojados:

□ Todas las masas metálicas y elementos conductores susceptibles de colocarse bajo tensión por cualquier concepto circunstancial, deben estar unidas en una propia red de equipotencialidad que debe conectarse al borne principal de toma de tierra.

□ Masas.

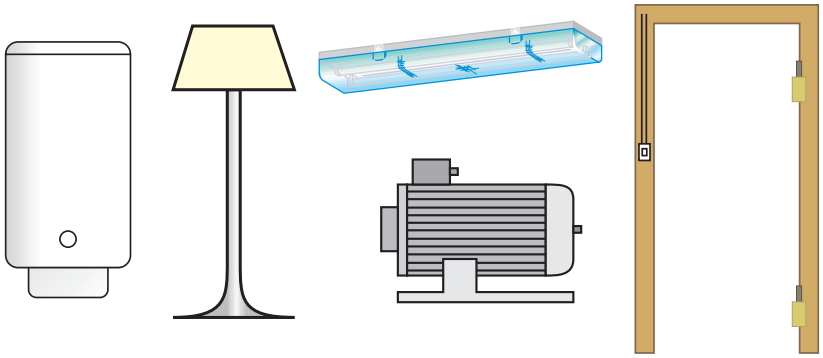


Fig. L6.2-024: *masas a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Elementos conductores.

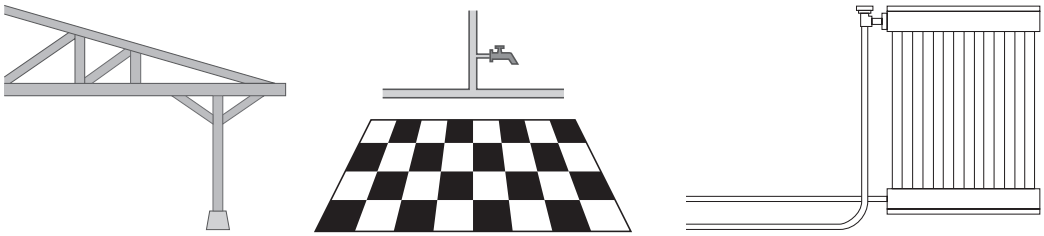


Fig. L6.2-025: *elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Unión equipotencial principal.

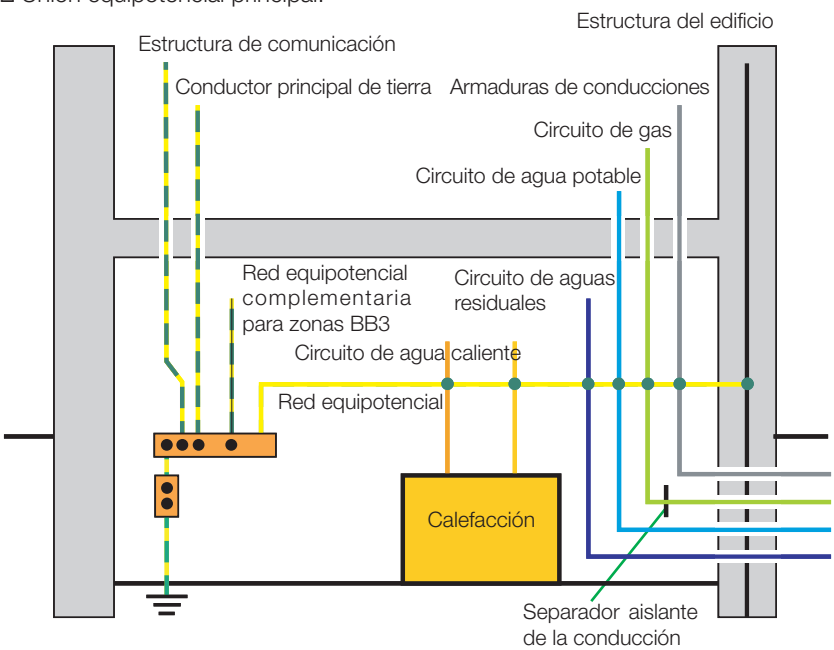


Fig. L6.2-026: *red equipotencial complementaria en zonas BB2.*

Cuando se eligen protecciones con MBTS o con transformadores de separación con aislamiento equivalente, el ser humano solo queda sometido a un choque eléctrico cuando el circuito queda cerrado entre dos conductores activos, puesto que la fuente no dispone de puesta a tierra no llega a cerrar el circuito a través de ella y no pueden existir derivaciones, por tanto todas las protecciones contra los choques eléctricos se concentran en la protección de las partes activas para que no sean accesibles al cuerpo humano.

Nota: esta exposición es cierta a medias; al utilizar esta expresión de "cierta a medias" se quiere hacer resaltar que si hablamos de redes de gran longitud éstas tienen una capacitancia y resistencia con respecto a tierra, y que normalmente es menor el valor de perforación de la capacitancia que la de la resistencia, y puede existir un circuito a través de tierra si lo comunicamos con una perforación de la capacitancia de la red con respecto a tierra.

■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 12 V CA, o 30 V CC, alisada, la diferencia de potencial no es suficiente para proporcionar una circulación de intensidad en el cuerpo humano capaz de provocarle la fibrilación ventricular, pero desconocemos si puede crear en el tiempo otras alteraciones.

■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 24 V CA, o 60 V CC, alisada, la diferencia de potencial en según qué circunstancias puede llegar a provocar una fibrilación ventricular. Ver apartado “La protección contra los choques eléctricos”, página G/31 del 2.º Volumen.

La expresión utilizada “en según qué circunstancias puede llegar a provocar la fibrilación ventricular” quiere expresar un toque de atención:
1.º) A 25V CA, la resistencia del cuerpo humano para un 5% de la población no es superior a 1.750 W, ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.º Volumen.
2.º) Si el cuerpo humano está húmedo por el ambiente puede llegar a estar susceptible y por tanto sus condiciones fisiológicas normales no se mantienen.
3.º) Si se sitúa con una resistencia de 500 W (caso posible en la humanidad), la intensidad a circular por él es de I = 24 V/500 W = 0,048 A y este valor entra en la zona de fibrilación ventricular a los 250 ms. Ver Fig. G1-011, página G/38 del 2.º Volumen.

■ Si la protección es por medio de un interruptor a corriente diferencial residual de alta sensibilidad para cada carga o circuito, sólo protege los contactos entre un conductor activo y masa (tierra) si el régimen de neutro es un:
□ TT, neutro del transformador a tierra y masas a tierra.
□ TN-S, neutro del transformador a tierra y masas a conductor de protección, pero en la modalidad de separación del conductor de protección del neutro.
□ IT, neutro del transformador aislado de tierra y masas a tierra.
Todos ellos cumplirán con su función de protección si la tierra está debidamente calculada para una situación de BB2 (24 V CA, o 60 V CC, alisada) y mantenida. Ver apartados 3. “Protección contra los contactos indirectos”, páginas G/53, 4. “Instalación en régimen TT”, páginas G/81, 5. “Instalación régimen TN”, páginas G/140, 6. “Instalación régimen IT”, páginas G/149 y 8. “Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas”, páginas G/227, del 2.º Volumen.
■ Ejemplo:

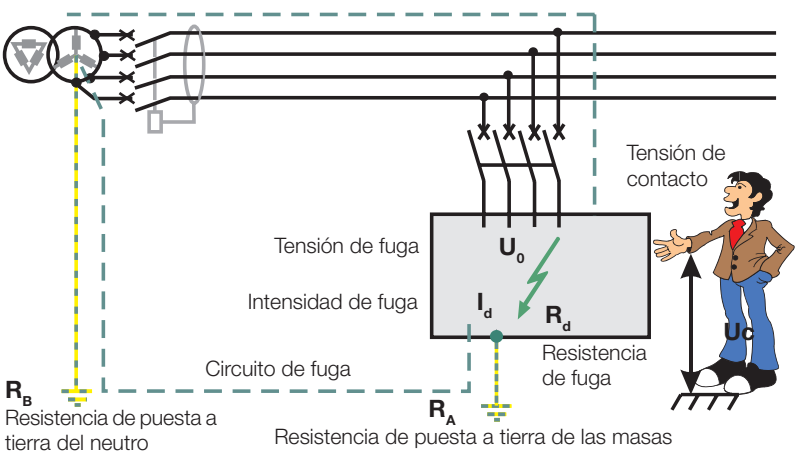


Fig. L6.2-027: *desconexión automática de un circuito con fuga, esquema TT.*

Disculpen la reiteración del ejemplo expuesto en el 2.º Volumen pero es necesario reincidir en el tema y como mínimo exponer el del régimen TT que es el más utilizado en nuestras redes.

□ La resistencia de la toma de tierra del neutro es de: $R_n = 10\ \Omega$.
□ La resistencia de la toma de tierra de las masas es de: $R_A = 20\ \Omega$.
$R_d = 0$ (contacto franco).
□ La intensidad de defecto de aislamiento del motor es de:

$$I_d = \frac{U_O}{R_A + R_B} = \frac{230\ V}{10\ \Omega + 20\ \Omega} = 7{,}66\ A$$

□ La tensión de contacto será:

$$U_c = R_A \cdot I_d = 20\ \Omega \cdot 7{,}7\ A = 154\ V$$

Tensión de contacto peligroso para el cuerpo humano.
□ La tabla G1-015 (que reproducimos a continuación) indica el tiempo máximo que el cuerpo humano puede soportar esta tensión sin peligro de fibrilación ventricular:

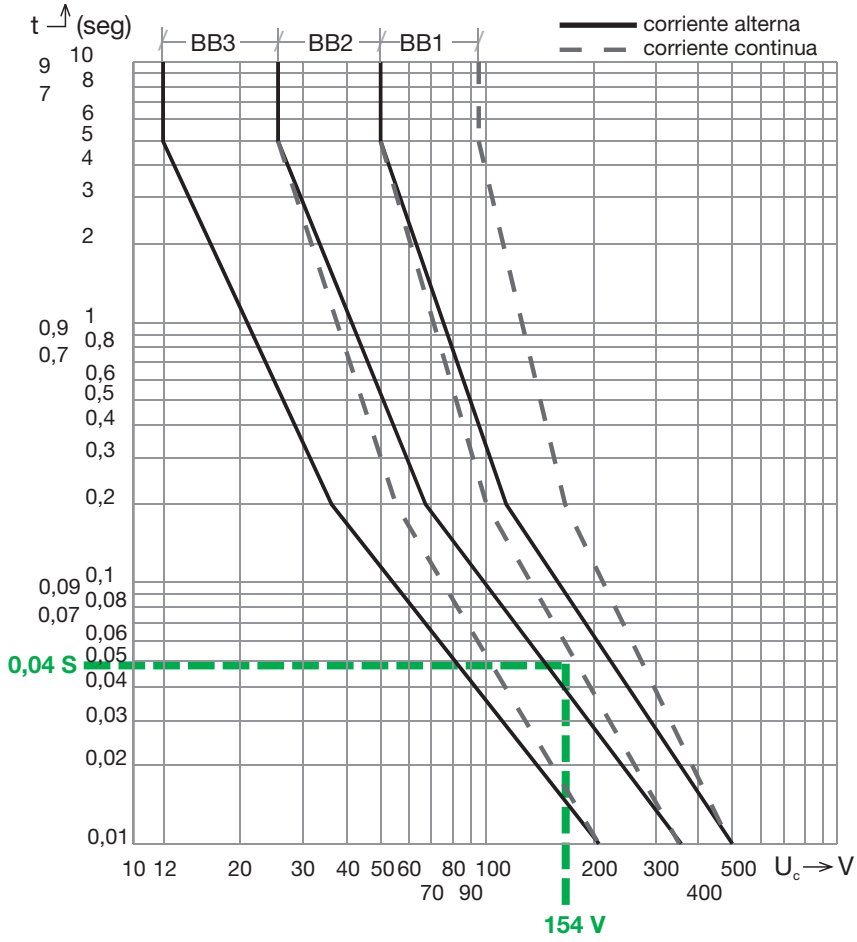


Fig. G1-015: *curva de la tensión de contacto máxima en función del tiempo de contacto, de acuerdo a UNE 20460/4-41.*

□ Para una situación del cuerpo humano de BB2 ($U_c = 154$ V); 0,04 s
□ Si la intensidad de defecto de aislamiento del motor es de: $I_d = 7{,}66$ A, la relación entre la intensidad de fuga y la intensidad nominal de desconexión del interruptor a corriente diferencial residual es de:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{7{,}66\ A}{0{,}03\ A} = 255{,}33 \text{ veces} > 5 \cdot I_{\Delta n}$$

□ Un interruptor automático de alta sensibilidad desconecta prácticamente en 0,04 s cinco veces la intensidad de fuga nominal ($5 \cdot I_{\Delta n}$). Por tanto serviría para esta protección.
Esta alternativa condiciona la red de equipotencialidad complementaria puesto que no puede superar los 20 Ω, puede ser menor pero nunca mayor para poder proteger al cuerpo humano que está realizando un bucle en derivación.
Si la resistencia de puesta a tierra es menor de los 20 Ω se derivará mayor cantidad de amperios de la intensidad de fuga por la red equipotencial que por el cuerpo humano.
Si la resistencia de puesta a tierra es mayor de los 20 Ω se derivará menor cantidad de amperios de la intensidad de fuga por la red equipotencial y por tanto mayor cantidad por el cuerpo humano.
El reparto de las intensidades es inversamente proporcional a la resistencia de los circuitos derivados (en paralelo).
■ Si deseamos una mayor seguridad, no por la amplitud de los valores de las medidas que son los máximos conocidos, sino por disminuir el riesgo de la casuística de un fallo, independientemente de las revisiones periódicas de los valores de puesta a tierra, debemos colocar dos interruptores a corriente diferencial de alta sensibilidad en serie para anular prácticamente el riesgo de fallo de uno de ellos.

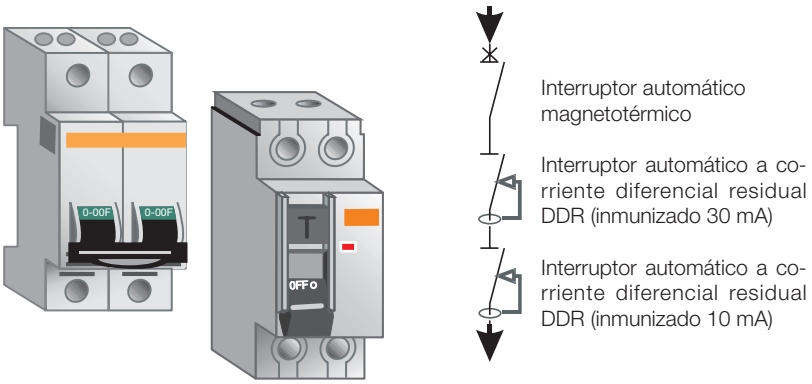


Fig. L6.2-028: *circuito de protección de gran seguridad.*

6.2.3.4. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar dos incidencias térmicas que acostumbran a dar problemas si no se tienen en consideración.

El calentamiento excesivo en las luminarias

■ Los casquillos de las lámparas que obliga a la utilización de conductores resistentes a la temperatura, de como mínimo 125 ºC.
■ Las lámparas desprenden una cantidad de energía térmica que las luminarias deben poder soportar y disipar, cuidado en la elección de las luminarias en función del calor desprendido por la fuente de luz y las temperaturas ambientales a soportar. ¡Atención! a las luminarias de Clase II.

El calentamiento excesivo en las conducciones

Debemos considerar las intensidades que deben circular en los conductores y el espacio suficiente de las conducciones, independientemente de los cálculos que debemos efectuar de conformidad al capítulo H1 “Los circuitos y su dimensionado”

del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.

En la mayoría de las instalaciones se realizan las tensiones empleadas son tensiones de seguridad de 12 V, lo cual obliga a secciones superiores que no se manejan tan habitualmente.

Las instalaciones en locales húmedos o mojados acostumbran a contener zonas donde se produce calor: cocinas, bares, papeleras, aprestos, tintorerías... Debemos tener la precaución de separar las conducciones eléctricas de los conductos o puntos calientes.

Calentamiento de las cajas de conexión
Debemos poner mucha atención a los bornes de los circuitos de MBTS puesto que las intensidades son superiores y las tensiones inferiores, por tanto la caída de tensión por contacto representa un calentamiento muy superior en relación a las instalaciones comunes a tensiones nominales normales.

Calentamiento en el interior del cuadro general
Deberemos prever un tipo de cuadro capaz de soportar las inclemencias atmosféricas con el grado de protección (IPxxB) correspondiente, pero que permita la evacuación del calor desprendido de la aparamenta, bien sea de forma natural o forzada.

6.2.3.5. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1 “Los circuitos y su dimensionado” del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones:

- 3.2. “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, página H1/74 del 2.º Volumen.
- 3.2.2. “Determinación de la sección en función de las caída de tensión”, página H1/82 del 2.º Volumen.
- 3.2.3. “Determinación de la sección en función de las corrientes de cortocircuito”, página H1/88 del 2.º Volumen.
- 3.2.4. “Los conductores de protección PE”, página H1/108 del 2.º Volumen.
- 3.2.5. “El conductor neutro”, página H1/114 del 2.º Volumen.

Determinación de los materiales de protección
En el capítulo H2, apartado 3.2. “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades”, página H2/78 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.

6.2.3.6. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H1, apartado 4. “Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias”, página H1/157 y en el capítulo H2, apartado 4. “Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones”, página H2/249 del 2.º Volumen, encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones.

6.2.3.7. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En una red deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo a las precauciones expresadas en el apartado 7.3. “Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM”, página F/264 del 1.er Volumen.

Puede ser muy importante la CEM en los cuadros de mando de las instalaciones, y por tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8. “Los cuadros eléctricos y la CEM”, página F/152 del 1.er Volumen, y el apartado “Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones transitorias en los cuadros”, página H2/262 del 2.º Volumen.

6.2.3.8. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

■ En las instalaciones domésticas prácticamente no tiene incidencia, pero en las instalaciones comerciales o industriales el arranque de motores puede tener incidencia sobre la red, debiendo prever en algunos casos rampas de arranque, (en el próximo volumen, donde desarrollaremos el capítulo M “Seguridad en las máquinas”, quedará el tema desarrollado).

■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho, llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.

No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.

■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.

■ Si el corte es suficientemente importante para llegar a descebar las lámparas de descarga, entonces debemos tener en consideración que un rearme automático no es conveniente, por tanto deberemos controlar estos casos con:

□ La instalación de una bobina de mínima tensión para que desconecte la alimentación.

□ La instalación de un temporizador para iniciar el encendido después de un tiempo de enfriamiento de las lámparas para reanudar el proceso de encendido en condiciones favorables.

En el caso de que tengamos unos determinados puntos luz en zonas muy críticas que un fallo de alumbrado puede causar situaciones peligrosas para las personas, es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI, ver capítulo J, apartado 14. “Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)” del 3.er Volumen.

6.2.3.9. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento...).

■ Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN (en este caso solo podemos utilizar la solución TN-S, o sea que el conductor de protección y el conductor neutro son distintos y solamente tienen en común que están unidos a tierra en su origen).

■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.

■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno de los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conducto deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados. Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez.

■ En la práctica, un dispositivo de seccionamiento debe ser previsto al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.
■ En el último caso el seccionamiento puede ser asegurado:
□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte omnipolar.
□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

6.2.3.10. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT específica sobre el tema, por que está desarrollado en el Real Decreto 1955/2000. Hoy no disponemos de las instrucciones técnicas complementarias al Real Decreto, pero sí que podemos empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA
REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.
3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalación puede transmitir a la red pública de suministro son: las posibles sobretensiones atmosféricas que puede captar el edificio, los armónicos generados por sus cargas, una excesiva energía inductiva y las posibles bajadas de tensión producidas por las puntas de arranque de ciertas cargas.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas
Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.

La protección contra las sobretensiones de la red
Estudio según las instrucciones del apartado “Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger”, página H2/249 del 2.º Volumen.

La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión en instalaciones domésticas no es importante, pero en industriales tanto en el alumbrado como en las rampas de arranque de motores es considerable y supera el 8% global tolerado en la norma UNE-EN 50160 y alcanza hasta un 36% en el alumbrado y un 75% en las rampas, por tanto deberemos corregir los armónico con un compensador activo SineWave THM.

El ahorro de consumo

La ITC-BT solicita la implantación de técnicas para el ahorro energético:

■ Consumo: simplemente circuitos discriminados para que actúen cuando sean necesarios.

■ Intensidades luminosas adecuadas a la función.

■ Reducción de la intensidad luminosa en horas de afluencia reducida en la zona iluminada.

El estudio del control energético y las técnicas que Schneider Electric ofrece las hemos comentado en el capítulo K y por su importancia y extensión han ocupado todo el 4.º Volumen de este manual.

El equilibrio entre la potencia aparente y la activa

En el capítulo D, apartado "Complemento por energía reactiva", página D/47 del 1.er Volumen disponemos de la información correspondiente a la contratación de la energía y de los costes del kVAr.

En el capítulo E "¿Cómo compensar una instalación?", página E/27 del 1.er Volumen, dispondremos de los datos necesarios para ayudar a tomar una decisión adecuada al tema, no obstante se observa una tendencia de los órganos de reglamentación a reducir las pérdidas en los conductores, y por tanto del consumo, producidas por el desfase de la tensión y la intensidad.

Por ejemplo: en la instrucción ITC-BT-09 (de alumbrado exterior) solicita una compensación individual de cada carga hasta un cos φ de 0,9 como mínimo, a veces difícil de lograr en cada punto luz, por causa de la dificultad de encontrar en el mercado productos estandarizados que logren este valor. Pero no es difícil ajustarse a valores al entorno de 0,85 y llegar al valor deseado para la contratación, con una compensación adicional al total de la instalación.

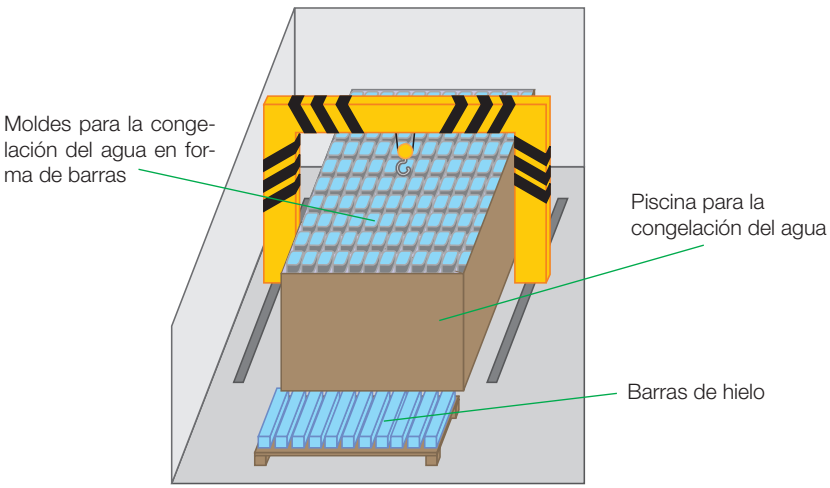
6.2.4. Instalaciones eléctricas, frigoríficas termodinámicas

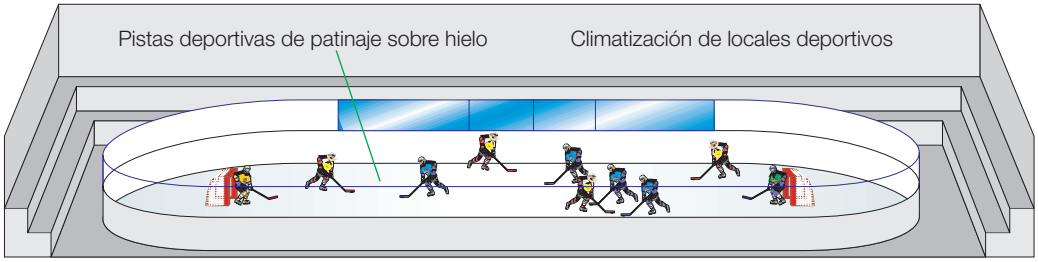
6.2.4.1. Campo de aplicación

Este apartado se dedica a las instalaciones eléctricas de BT que alimentan equipos de producción y distribución de frío para el uso industrial, comercial o terciario, y comprende los equipos incorporados a las instalaciones de acondicionamiento de aire y producción calorífica:

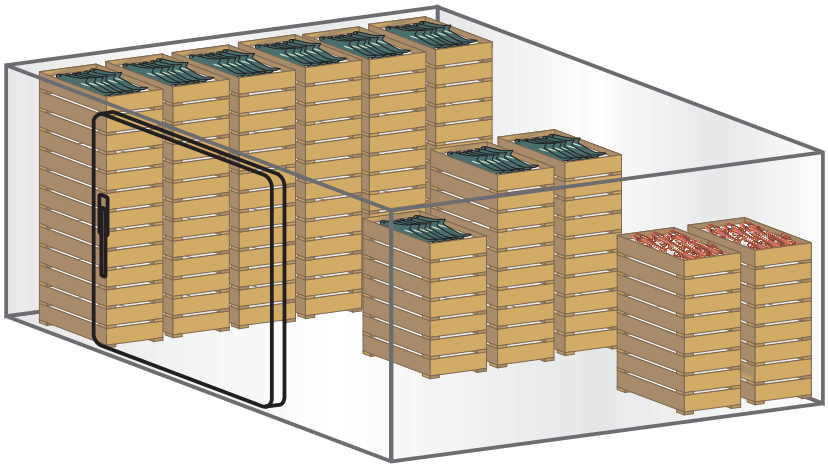
■ Fabricación de hielo.

Las industrias que fabrican hielo partiendo del agua, para la conservación de productos y los cañones que fabrican y esparcen nieve, las pistas de hielo.

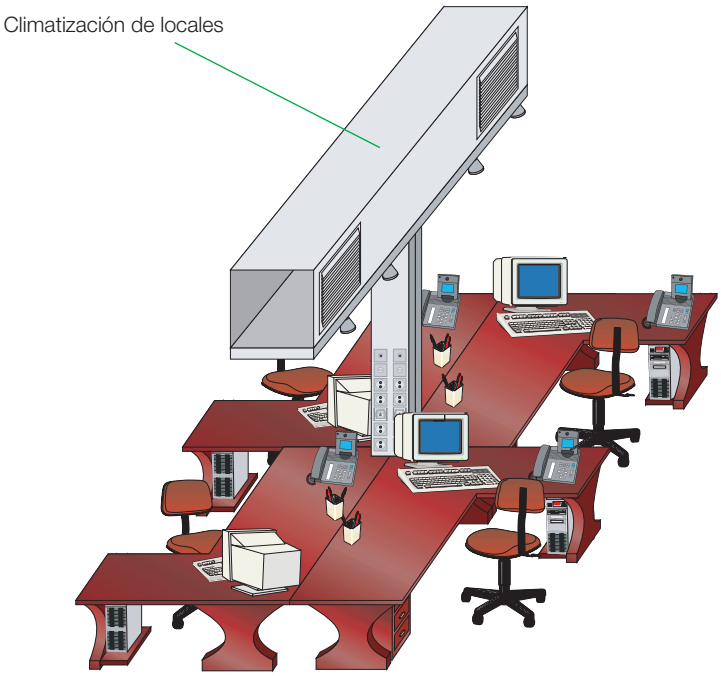




■ Acondicionamiento y conservación de alimentos, cámaras frigoríficas.



■ Acondicionamiento de aire, climatización.



■ Se trata la producción de frío obtenido a través de generadores termodinámicos, denominados "bombas de calor" en el texto.
■ Se excluyen de esta apartado los equipos con fluidos frigoríficos tales como el cloruro y el formiato de metilo, cloruro de etileno y el dicloroetileno que pueden, en ciertas proporciones, formar una mezcla explosiva con el aire y todos los líquidos frigoríficos que son considerados explosivos.
■ Este apartado no es de aplicación a los equipos que se pueden alimentar a través de una toma de corriente, tales con los refrigeradores domésticos, congeladores, acondicionadores de aire, etc., que son objeto de normas de construcción específicas. Solamente nos referimos a las instalaciones frigoríficas de cámaras de conserva o las necesarias para instalaciones deportivas con hielo o equivalentes.
■ Las instalaciones frigoríficas de gran potencia, que trabajan con motores de MT, no son objeto de este apartado, que queda limitado a BT.

Tipos de compresores considerados

■ Los de motor-compresor-herméticos a cárter estanco, no desmontable, comprende el rotor y los bobinados del motor eléctrico, pero no comporta las partes móviles exteriores del cárter.
■ Los de motor-compresor-hermético accesible (motor-compresor-semihermético) a cárter estanco, desmontable por medio de dos juntas con pernos, que permiten el desmontaje en servicio, pero no comporta las partes móviles exteriores del cárter.
■ Los compresores abiertos deben instalarse en locales exclusivos para la maquinaria, aunque pueden compartir el local con otras máquinas que no sean para la calefacción.

Casos particulares de instalaciones frigoríficas en locales con concurrencia de público

Sólo los motor-compresor-herméticos a cárter estanco, no desmontable, comprende el rotor y los bobinados del motor eléctrico, pero no comporta las partes móviles exteriores del cárter, se deben instalar en los locales receptores de público.

6.2.4.2. Condiciones de empleo de los fluidos frigoríficos

Los fluidos frigoríficos se clasifican en tres grupos en función de su grado de toxicidad y de su capacidad de explosión:
Grupo 1: se refiere a los fluidos frigoríficos no inflamables, con un efecto de toxicidad nulo o despreciable. Estos fluidos no necesitan locales específicos para su instalación y tratamiento.
Grupo 2: se refiere a los fluidos frigoríficos que se distinguen por su toxicidad y que pueden, en ciertas proporciones, formar una mezcla explosiva con el aire. Su empleo es correcto solamente fuera de un edificio. En salas en las que se comparta el espacio con otras máquinas, éstas nunca deben ser máquinas destinadas a la calefacción, y solamente en sistemas de intercambio indirecto.
Grupo 3: se refiere a fluidos frigoríficos que se distinguen por su inflamación y la posibilidad de explosión. Generalmente estos fluidos no son tóxicos.
El empleo de fluidos frigoríficos del grupo 3 necesita instalaciones para atmósferas explosivas y no son tratadas en el presente manual.

6.2.4.3. Criterios de seguridad en las cámaras frigoríficas, las cámaras de climatización y los túneles de congelación

Definiciones

Cámara frigorífica

Todo local de tratamiento o almacenaje donde la temperatura de régimen debe ser inferior o igual a 0 ºC.

Cámara climatizada
Todo local de tratamiento o almacenaje donde la temperatura de régimen debe ser superior o igual a 0 ºC.

Túnel de congelación
Todo local de tratamiento o almacenaje donde la temperatura de régimen debe ser inferior o igual a –20 ºC.

Reglas generales

■ Toda cámara frigorífica de una capacidad útil superior a 10 m^3 debe estar provista de un dispositivo de alarma acústico situado al exterior y comandado desde el interior. Para que toda persona que casualmente se pueda quedar encerrada pueda dar la alarma.
■ La alimentación del circuito de alarma debe ser a través de un SAI.
Toda camara frigorífica de nueva instalación, de una capacidad útil superior a 10 m^3, debe tener una instalación de alarma sonora en cada puerta de acceso activable desde el interior y una indicación luminosa para avisar de la entrada de una persona en el interior, activada en el momento de entrada y un alumbrado interior normal y de emergencia.
La alimentación del circuito de alarma, señalización y alumbrado de emergencia debe ser a través de un SAI.
■ Para las cámaras climatizadas de capacidad superior a 30 m^3 deben disponer de una instalación de alarma sonora en cada puerta de acceso activable desde el interior y una indicación luminosa para avisar de la entrada de una persona en el interior, activada en el momento de entrada y un alumbrado interior normal y de emergencia. La alimentación del circuito de alarma, señalización y alumbrado de emergencia debe ser a través de un SAI.

Medidas complementarias aplicables a instalaciones que funcionan con amoníaco

■ Las instalaciones frigoríficas que funcionan con amoníaco presentan peligros de incendio y explosión.
■ El amoníaco es un gas más bien poco inflamable que puede formar mezclas explosivas con el aire en los límites del 16 al 25% en volumen y con el oxígeno entre los límites del 15,5 al 79% en volumen.
■ Mezclas a la concentración del 0,05% o menos son detectables fácilmente por el olor, y concentraciones del 0,2% o menos por dispositivos de control y detección apropiados.
■ La presencia de otro gas combustible como el hidrógeno, la elevación de temperaturas y presiones en la utilización pueden ampliar los límites de explosión.
■ El contacto del amoníaco con ciertos productos tales como el mercurio, el flúor, el cloro, el bromo, el iodo, el calcio, el óxido de plata..., son fuentes de incendios y explosiones.
■ Los incendios producidos con amoníaco son difíciles de extinguir. Se pueden utilizar extintores de anhídrido carbónico y los de polvo.

Salas de máquinas y cámaras frigoríficas
■ En el caso de utilización de fluidos frigoríficos del grupo segundo inflamables, la instalación eléctrica debe ser conforme a las prescripciones fijadas para locales o emplazamientos explosivos, con riesgo de explosión del nivel BE3 según UNE y de conformidad a la ITC-BT-29.

El temario del Manual teórico-práctico de Schneider Electric no abarca las instalaciones en ambientes explosivos, por tanto estas orientaciones no son para la ejecución de instalaciones antideflagrantes sino simplemente unas reflexiones para poder llegar a dar unas orientaciones básicas para los circuitos útiles en estas instalaciones.

■ Para instalaciones con utilización de amoníaco, deben tenerse en cuenta las características particulares del fluido que pueden llegar a crear prescripciones que obligan a medidas especiales para su aplicación como en los casos siguientes:

□ En locales en que solamente existan materiales estáticos del sistema frigorífico, obligar a situar todos los elementos de mando y control eléctrico en el exterior del local.

□ En locales en que existan materiales no estáticos del sistema frigorífico (compresores), obligar a situar todos los elementos de mando y control eléctrico en el exterior del local, y en el interior detectores de gas y pulsadores de mando de paro de urgencia situados a la entrada del local.

■ Los pulsadores de emergencia deben activar el seccionamiento automático de los circuitos eléctricos en el interior del local y activar la ventilación del mismo.

■ Los detectores deben ser fiables y situados en la parte alta del local y cerca de las posibles fugas. Deben ser del tipo de doble umbral de desconexión:

□ Un umbral de prealarma lo más bajo posible y en todo caso inferior al 0,2% de amoníaco.

□ Un umbral de alarma como máximo del doble del valor elegido para la prealarma.

■ La prealarma debe provocar:

□ La activación de una señal acústica o luminosa alimentada por el SAI de emergencia y los materiales eléctricos deben ser antideflagrantes si están situados en el interior del local.

La señal de alarma preferente es la acústica aunque la luminosa si es intermitente también es efectiva y las dos aun más.

□ La activación de los equipos de ventilación adicionales.

Los equipos de ventilación deben ser antideflagrantes puesto que su función es la de evacuar una mezcla posiblemente explosiva y calculados para evacuar el máximo volumen para que en el peor de los casos (una fuga total) no llegue a permitir concentraciones dentro del límite inferior de explosión.

■ La alarma debe provocar:

□ La activación de una alarma sonora, audible en todos los puntos de la instalación y acompañada de una visual.

□ Desconexión de todos los circuitos situados en la sala de máquinas o que simplemente circulan por ella que no sean previstos para riesgo de explosión, a excepción de los que alimentan los compresores. En caso de fuga aguas abajo de la instalación de la sala de máquinas, puede ser realizada de forma voluntaria a través del pulsador de paro de emergencia situado fuera de la sala de máquinas.

■ Paro de emergencia:

□ Un pulsador de mando a distancia de paro de emergencia debe situarse fuera de la sala de máquinas cerca de la puerta de salida.

□ Un pulsador de mando a distancia de paro de emergencia debe situarse fuera de la sala de máquinas cerca de la puerta de acceso a nivel del exterior si la salida está por debajo o por encima del nivel del suelo.

□ La ventilación mecánica debe ser independiente y disponer de un pulsador de mando de emergencia situado fuera y al lado de la salida al exterior (nivel del suelo).

El mantenimiento y cualquier intervención sobre las alarmas y los mandos de emergencia debe ser realizado por personal cualificado de instalación o mantenimiento.

En el caso de que un transformador de potencia aislado con pyralene esté situado en la cercanía del local, los pulsadores de alarma deben provocar el seccionamiento del primario y el secundario del transformador.

Alimentación de equipos termodinámicos

Para la alimentación de equipos termodinámicos debemos distinguir tres casos y siempre tener en consideración la cantidad de fugas que por construcción tienen los equipos frigoríficos:

a) Estén alimentados directamente por la red pública de BT, generalmente régimen TT.

Si deseamos alimentar toda la instalación o parte de ella con un régimen TN deberemos instalar un transformador de aislamiento entre el régimen TT y el TN. Si deseamos que ciertas máquinas tengan una seguridad de funcionamiento debemos alimentarlas a través del SAI, para una gran seguridad de continuidad de servicio, o si corresponde a nuestro interés a través de transformadores de aislamiento individuales para evitar interferencias con la red de alimentación podemos darles el régimen de neutro deseado.

b) La instalación eléctrica general del edificio es alimentado por un centro de transformación propio. Generalmente al definir el régimen de neutro de la instalación del edificio no lo realizamos por atender particularidades del circuito de refrigeración. Podemos instalar otro régimen de neutro diferente del general del edificio para el circuito de refrigeración.

c) La potencia del equipo de refrigeración permite la instalación de un centro de transformación propio, entonces podemos escoger que el régimen principal sea el que deseamos para un circuito de refrigeración, generalmente un TN para no tener interferencias por la gran cantidad de fugas que tienen los equipos frigoríficos.

Separación de circuitos

Es conveniente que las fugas propias de los circuitos de refrigeración no alteren los demás circuitos de la instalación, por tanto es muy conveniente mantener una separación del circuito de refrigeración.

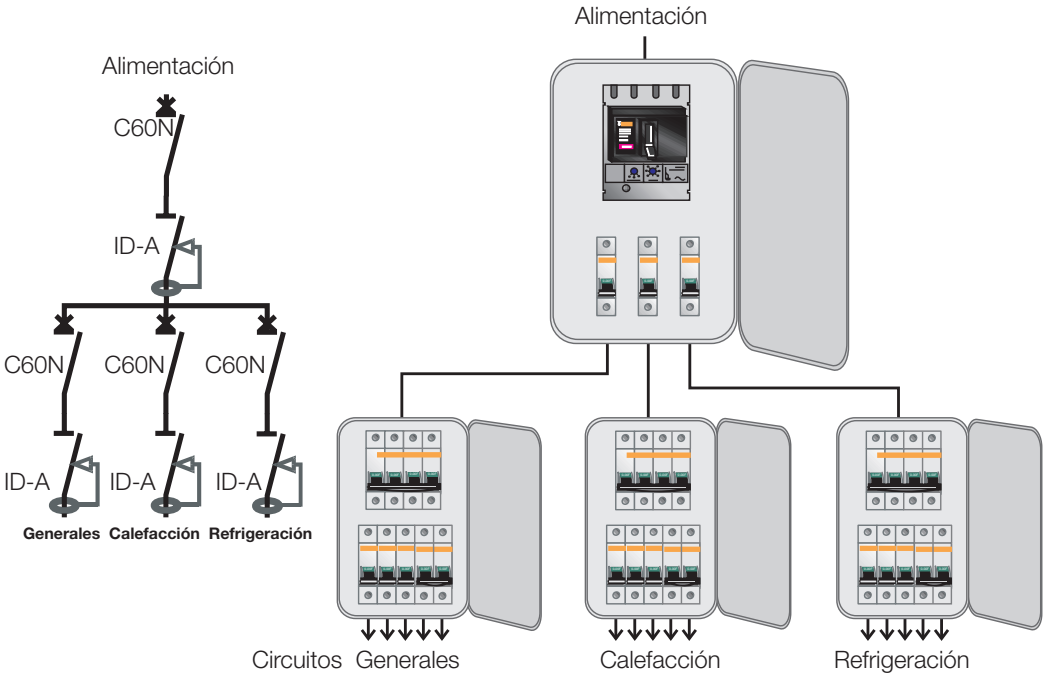


Fig. L6.2-029: *separación de circuitos en instalaciones frigoríficas.*

Esquemas particulares para instalaciones con amoníaco

Debido a la cantidad de fugas que presentan los equipos frigoríficos, y en particular las instalaciones con el gas amoníaco como elemento refrigerante, exponemos soluciones con los tres regímenes de neutro.

En todo circuito deberemos tener la precaución de protegerlo de las posibles sobretensiones de maniobra originadas en la red, situando un descargador de sobretensiones conectado al borne principal de tierra y un piloto luminoso que nos indique si el descargador ha finalizado su vida, para poderlo sustituir.

Un compensador activo de armónicos situado a la entrada del circuito, evitando así la posible transmisión de los posibles armónicos generados en la instalación (rampas de arranque, fuentes de alimentación en CC...) se transmitan a la red.

La compensación del factor de potencia producido por la instalación, con la precaución de instalarlo aguas a bajo del compensador de armónicos con el fin de evitar el efecto de ampliación que los armónicos pueden experimentar con una capacitancia.

La instalación de una fuente de alimentación SAI, para los circuitos que deben garantizar una función permanente, tales como los de control a través de microprocesadores, los de señalización de emergencia, los de alumbrado de emergencia y los de ventilación de emergencia.

■ Régimen TT.

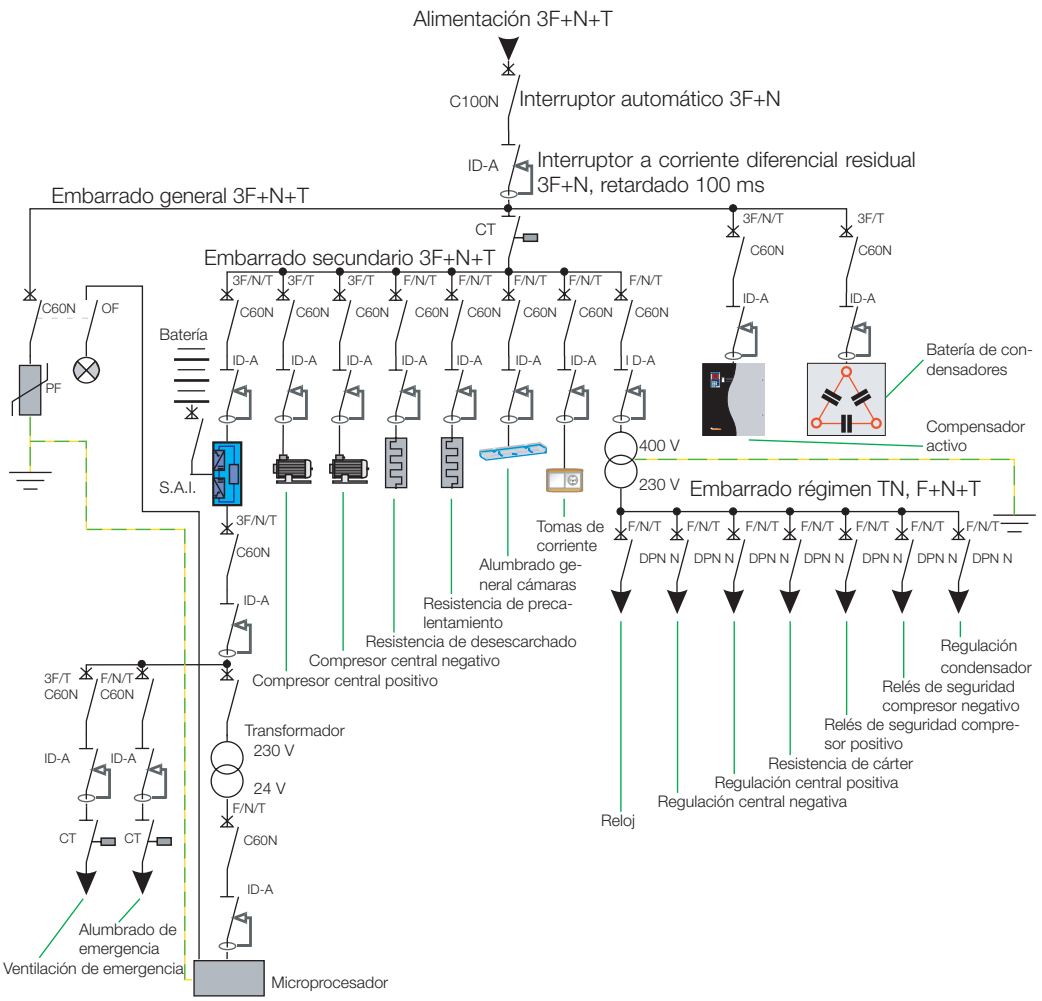


Fig. L6.2-030: *circuito en régimen TT en instalaciones frigoríficas con amoníaco.*

Todos los circuitos que son susceptibles de tener fugas no importantes pero continuadas, que en un régimen TT o en un régimen IT en el momento de coincidencia entre fases diferentes, serían objeto de una desconexión, los podemos alimentar a través de un circuito TN. Esto no quiere indicar que el circuito TN no protege a las personas, pero sí que por su propia capacidad de funcionamiento tolera pequeñas fugas, que no son peligrosas al cuerpo humano, sin desconectar el circuito.

La consideración de que no son peligrosas la podemos razonar con el apartado "¿Por qué consideramos que la tensión de contacto es el 50% de la tensión nominal?", en la página G/67 del 2.º Volumen.

■ Régimen IT.

Si utilizamos un régimen IT deberemos disponer de un controlador de aislamiento a través de inyectar al circuito del neutro una tensión a baja frecuencia de 0,5 a 2 Hz, para que cuando se cierra un circuito de fuga a través de tierra lo podamos detectar y desconectar si es peligroso. Ver apartado 6. "Instalación con régimen IT", página G/149 del 2.º Volumen.

No nos olvidemos de asegurar con un descargador Cadwer las posibles sobretensiones de maniobra o admosféricas que circulen por el neutro.

Tambien podemos instalar un interfase para poder comunicar el control del aislamiento a un punto general de control de una instalación.

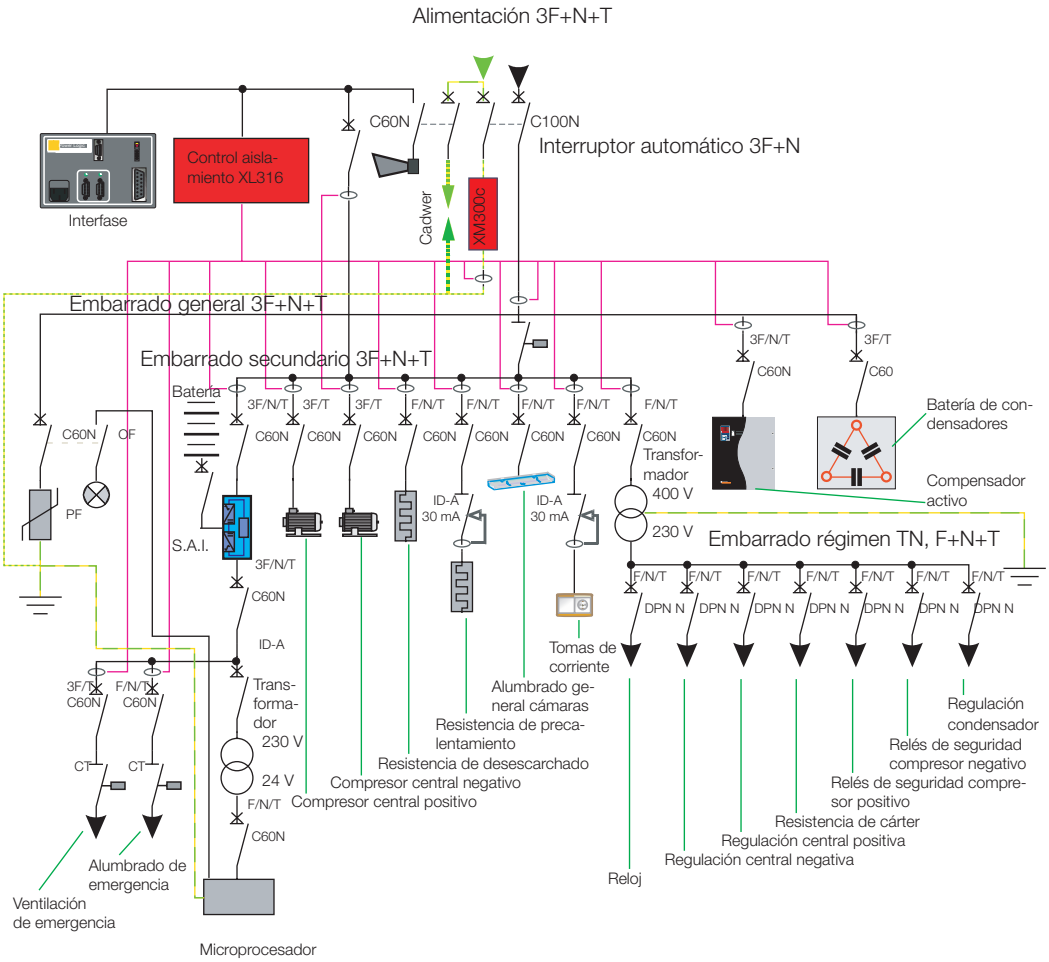


Fig. L6.2-031: *circuito en régimen IT en instalaciones frigoríficas con amoníaco.*

■ Régimen TN.

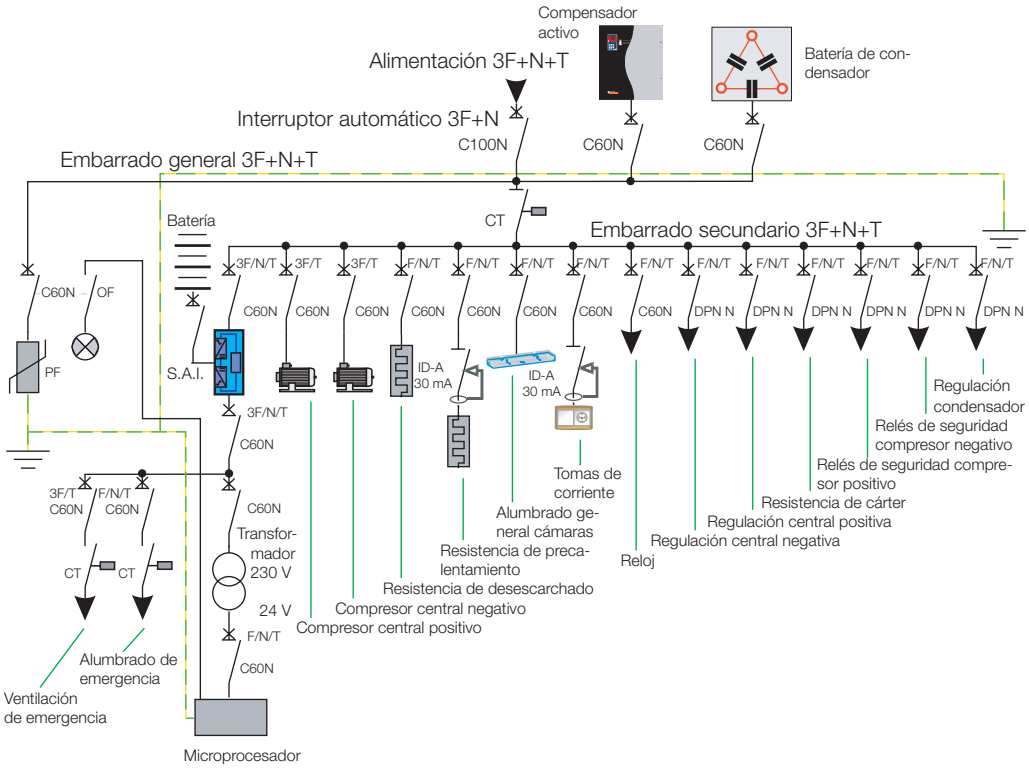


Fig. L6.2-032: *circuito en régimen TN en instalaciones frigoríficas con amoníaco.*

6.2.4.4. Elección de materiales para instalaciones frigoríficas con gases no explosivos

Grados de protección y canalizaciones

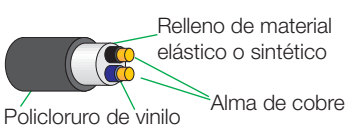
Procuraremos resumir las características de los materiales en la Tabla L6.2-033:

Prohibida la utilización de materiales.

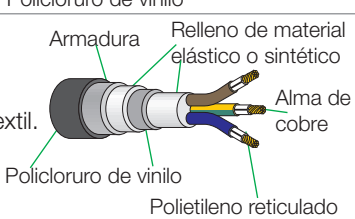
Admitida la utilización de materiales, fijados en paredes, sobre bandejas o con conducciones.

En conductos aislantes.

a) Conductores con:
- Alma de cobre.
- Aislamiento de policloruro de vinilo.



b) Conductores con:
- Alma de cobre.
- Envolvente de polietileno reticulado.
- Envolvente de relleno o relleno con cinta textil.
- Envolvente de policloruro de vinilo.
- Armadura.
- Cubierta de policloruro de vinilo.



c) Conductores con:
- Alma de cobre.
- Envolvente con caucho vulcanizado.
- Envolvente con caucho vulcanizado sintético.

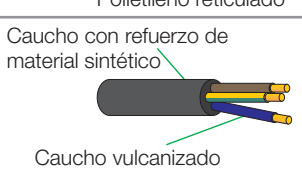


Tabla para la elección de materiales

Locales o emplazamientos		Materiales					
		Grados de protección mínimos		Canalizaciones Conductores			Con-ductos
		IP	IK	A	B	C	
Cámaras climatizadas y cámaras frigoríficas							
Altura con respecto al suelo	de 0 a 1,10 m	25	07				I
	de 1,10 m a 2 m	24	07				
	por encima de los 2 m y por debajo del evapo-rador o tubo rebosadero	21	07				I
En el suelo y hasta 10 cm por encima		23	07				I
25 °C < Temperatura ⩽ –10 °C		23	07	(1)	(1)		(1)
< Temperatura ⩽ –25 °C		23	07	(1)	(1)	(1)	(1)
Climatización de laboratorios, talleres y otros locales							
Tratamiento de verduras							
Altura con respecto al suelo	de 0 a 1,10 m	55	08				
	de 1,10 m a 2 m	54	08				
	por encima de los 2 m	50	07				I
Panaderías, pastelerías (2)		50	07				
		60 (3)	07				
En el interior de los arcones de tratamiento y de mangas		51	07				I
Pistas de hielo cubiertas		24	08				
Pistas de hielo descubiertas		35	08				I
Compresores							
Sala		21	08				
Monobloques situados en el exterior		34	08				
Canalizaciones eléctricas sujetas a canalizaciones de fluidos, formando parte de la misma instalación		20	07				I

(1) Las canalizaciones no deben estar sometidas a ningún cambio o esfuerzo durante el funcionamiento normal de la instalación.

(2) En los locales de tratamiento o almacenaje de alimentos sin embalaje, las luminarias deben poseer una protección para la recogida de cristales en caso de rotura.

(3) El grado de protección IP5x es suficiente si el polvo que penetra es tolerado por la instalación.

Tabla L6.2-033: *características de los materiales a instalar en instalaciones frigoríficas con gases no inflamables.*

En las cámaras y zonas con temperaturas inferiores a los 0 °C el material a instalar debe ser específicamente apto y por construcción homologado a estas temperaturas.

Otros materiales

En el 3.er Volumen encontraremos todos los materiales que podamos necesitar y, en particular, en el apartado 8 “Aparamenta para el control de la calefacción”, página J/353, en el que están incluidos todos los elementos para el control de la temperatura, y el apartado “15. “Aparamenta para el control de la presión y el nivel de líquidos”, página J/753.

6.2.4.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

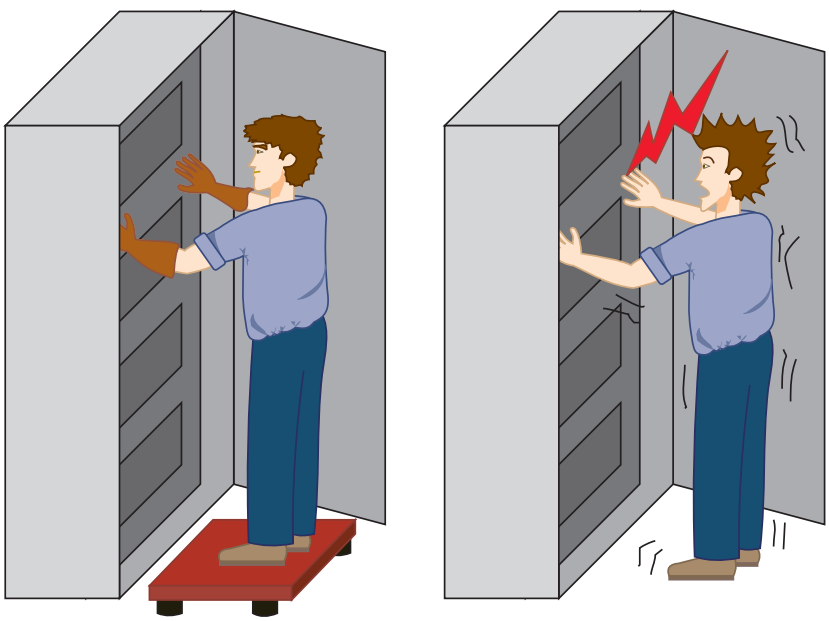
Protección contra los contactos directos

■ En los locales húmedos, además de lo permitido en los locales mojados, se admite la colocación vista de conductores protegidos con pantalla metálica y sujetos con soportes de Clase II. La pantalla debe ser conectada a la puesta a tierra y el conductor debe disponer de un aislamiento de 0,6/1 kV.

■ En las partes conductoras con posibilidad de acceso después de la apertura de una puerta o registro por medio de un útil o llave, debe colocarse un interruptor de desconexión general de la alimentación y en los bornes un refuerzo de protección al grado IP correspondiente a IPxxB.

B = protección de las partes conductoras para no poder ser tocadas por un dedo.

■ En las zonas mojadas o húmedas toda precaución es poca y siempre es recomendable situarse sobre una superficie aislante seca antes de acceder a zonas con elementos conductores.



Protección contra los contactos indirectos

■ Las medidas de protección pueden resumirse en dos:

a) Medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático de la alimentación, utilizando MBTS.

b) Medidas de protección por corte automático de la alimentación (basada en la limitación del tiempo de contacto y de la limitación de la intensidad de circulación por el cuerpo humano).

En el capítulo G, apartado 3. “Protección contra los contactos indirectos”, página G/53 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de desarrollar y calcular las protecciones, y en los apartados 4. “Instalación en régimen TT”, página G/81; 5. “Instalación en régimen TN”, página G/140 y 6. “Instalación en régimen IT”, página G/149 el desarrollo de la instalación en función del régimen de neutro de la alimentación.

■ Red equipotencial específica para los locales húmedos y los mojados.

□ Todas las masas metálicas y elementos conductores susceptibles de colocarse bajo tensión por cualquier concepto circunstancial, deben estar unidas en una propia red de equipotencialidad que debe conectarse al borne principal de toma de tierra.

□ Masas.

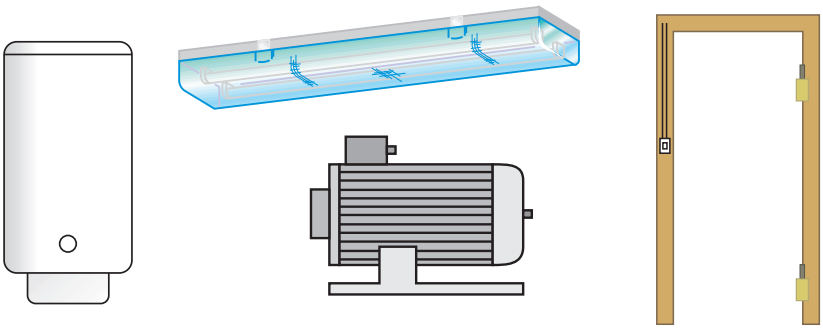


Fig. L6.2-034: *masas a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Elementos conductores.

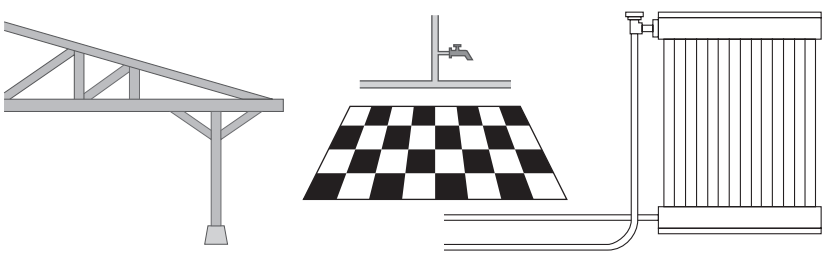


Fig. L6.2-035: *elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Unión equipotencial principal.

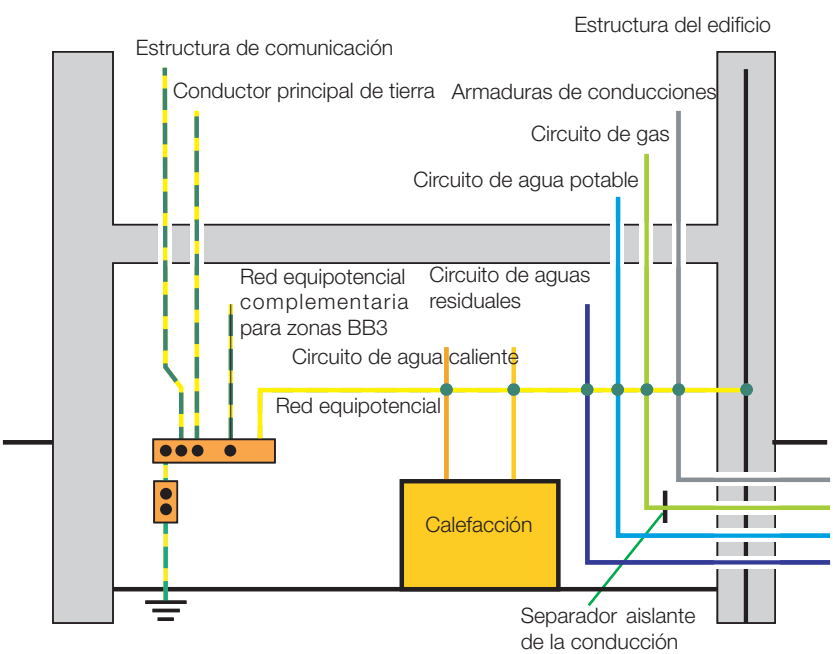


Fig. L6.2-036: *red equipotencial complementaria en zonas BB2.*

Cuando se eligen protecciones con MBTS o con transformadores de separación con aislamiento equivalente, el ser humano solo queda sometido a un choque eléctrico cuando el circuito queda cerrado entre dos conductores activos, puesto que la fuente no dispone de puesta a tierra no llega a cerrar el circuito a través de ella y no pueden existir derivaciones; por tanto todas las protecciones contra los choques eléctricos se concentran en la protección de las partes activas para que no sean accesibles al cuerpo humano.

Nota: esta exposición es cierta a medias; al utilizar esta expresión de "cierta a medias" se quiere hacer resaltar que si hablamos de redes de gran longitud éstas tienen una capacitancia y resistencia con respecto a tierra, y que normalmente es menor el valor de perforación de la capacitancia que la de la resistencia, y puede existir un circuito a través de tierra si lo comunicamos con una perforación de la capacitancia de la red con respecto a tierra.

■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 12 V CA, o 30 V CC, alisada, la diferencia de potencial no es suficiente para proporcionar una circulación de intensidad en el cuerpo humano capaz de provocarle la fibrilación ventricular, pero desconocemos si puede crear en el tiempo otras alteraciones.
■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 24 V CA, o 60 V CC, alisada, la diferencia de potencial en según qué circunstancias puede llegar a provocar una fibrilación ventricular, ver apartado 1.1. "Choques eléctricos", página G/31 del 2.º Volumen.

La expresión utilizada "en según qué circunstancias puede llegar a provocar la fibrilación ventricular" quiere expresar un toque de atención:
1.º) A 25V CA, la resistencia del cuerpo humano para un 5% de la población no es superior a 1.750 W, ver Tabla G1-009, pág. G\|35 del 2.º Volumen.
2.º) Si el cuerpo humano está húmedo por el ambiente puede llegar a estar susceptible y por tanto sus condiciones fisiológicas normales no se mantienen.
3.º) Si se sitúa con una resistencia de 500 W (caso posible en la humanidad), la intensidad a circular por él es de I = 24 V\|500 W = 0,048 A y este valor entra en la zona de fibrilación ventricular a los 250 ms. Ver Fig. G1-011, página G\|38 del 2.º Volumen.

■ Si la protección es por medio de un interruptor a corriente diferencial residual de alta sensibilidad para cada carga o circuito, sólo protege los contactos entre un conductor activo y masa (tierra) si el régimen de neutro es un:
□ TT, neutro del transformador a tierra y masas a tierra.
□ TN-S, neutro del transformador a tierra y masas a conductor de protección, pero en la modalidad de separación del conductor de protección del neutro.
□ IT, neutro del transformador aislado de tierra y masas a tierra.
Todos ellos cumplirán con su función de protección si la tierra está debidamente calculada para una situación de BB2 (24 V CA, o 60 V CC, alisada) y mantenida. Ver apartados 3. "Protección contra los contactos indirectos", página G/53, 4. "Instalación en régimen TT", página G/81, 5. "Instalación régimen TN", página G/140, 6. "Instalación régimen IT", página G/149 y 8. "Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas", página G/227 del 2.º Volumen.

6.2.4.6. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar dos incidencias térmicas que acostumbran a dar problemas si no se tienen en consideración.

El calentamiento excesivo en las luminarias

■ Los casquillos de las lámparas que obligan a la utilización de conductores resistentes a la temperatura, de como mínimo 125 ºC.

■ Las lámparas desprenden una cantidad de energía térmica que las luminarias deben poder soportar y disipar, cuidado en la elección de las luminarias en función del calor desprendido por la fuente de luz y las temperaturas ambientales a soportar. ¡Atención! a las luminarias de Clase II.

El calentamiento excesivo en las conducciones

Debemos considerar las intensidades que deben circular en los conductores y el espacio suficiente de las conducciones, independientemente de los cálculos que debemos efectuar de conformidad al capítulo H1 “Los circuitos y su dimensionado” del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.

Atención a las instalaciones que se realizan con tensiones de seguridad de 12 V, lo cual obliga a secciones superiores que no se manejan tan habitualmente.

En las instalaciones de acondicionamiento o frigoríficas, en la sala de máquinas se genera calor. Debemos tener precauciones de separar las conducciones eléctricas de los conductos o puntos calientes.

Calentamiento de las cajas de conexión

Debemos poner mucha atención a los bornes de los circuitos de MBTS puesto que las intensidades son superiores y las tensiones inferiores, por tanto la caída de tensión por contacto representa un calentamiento muy superior en relación a las instalaciones comunes a tensiones nominales normales.

Calentamiento en el interior del cuadro general

Deberemos prever un tipo de cuadro capaz de soportar las inclemencias atmosféricas con el grado de protección (IPxxB) correspondiente, pero que permita la evacuación del calor desprendido de la aparamenta, bien sea de forma natural o forzada.

6.2.4.7. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1 “Los circuitos y su dimensionado” del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.

■ 3.2. “Determinación práctica de la sección mínima de una conducción”, página H1/74 del 2.º Volumen.

■ 3.2.2. “Determinación de la sección en función de la caída de tensión”, página H1/82 del 2.º Volumen.

■ 3.2.3. “Determinación de la sección en función de las corrientes de cortocircuito”, página H1/88 del 2.º Volumen.

■ 3.2.4. “Los conductores de protección PE”, página H1/108 del 2.º Volumen.

■ 3.2.5. “El conductor neutro”, página H1/114 del 2.º Volumen.

Determinación de los materiales de protección

En el capítulo H2, apartado 3.2. “La aparamenta de protección contra las sobreintensidades”, página H2/78 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.

En los compresores para los equipos de refrigeración, si no disponemos de circuitos de gran volumen que permiten unos tiempos mayores entre dos arranques y puede darse una orden de arranque cuando la presión de los gases están en un

valor elevado y provocan puntas de arranque normalmente insostenible por los propios motores.
A tal efecto Schneider Electric dispone de un relé "RCC" para controlar este fenómeno en beneficio de una mayor seguridad de servicio. Los datos de este relé están expresados en el apartado 9.1.4. "Relés de control para climatizadores RCC", página J/495 del 3.er Volumen.

6.2.4.8. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H1, apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones transitorias", página H1/157 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones.
Debemos mantener una especial atención a las sobretensiones de origen atmosférico en los circuitos con régimen IT, colocando descargadores Cadwer para minimizar sus efectos.

6.2.4.9. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En una red deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo a las precauciones expresadas en el apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/264 del 1.er Volumen.
Puede ser muy importante la CEM en los cuadros de mando de las instalaciones, y por tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8 "Los cuadros eléctricos y la CEM", página F/152 del 1.er Volumen, y el apartado "Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones en los cuadros", página H2/262 del 2.º Volumen.

6.2.4.10. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

■ En las instalaciones domésticas prácticamente no tiene incidencia, pero en las instalaciones comerciales o industriales el arranque de motores puede tener incidencia sobre la red, debiendo prever en algunos casos rampas de arranque (en el próximo volumen, donde desarrollaremos el capítulo M "Seguridad en las máquinas", quedará el tema desarrollado).
■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho, llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.
No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.
■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.
■ Si el corte es suficientemente importante para llegar a descebar las lámparas de descarga, entonces debemos tener en consideración que un rearme automático no es conveniente, por tanto deberemos controlar estos casos con:
□ La instalación de una bobina de mínima tensión para que desconecte la alimentación.
□ La instalación de un temporizador para iniciar el encendido después de un tiempo de enfriamiento de las lámparas para reanudar el proceso de encendido en condiciones favorables.
En el caso de que tengamos unos determinados puntos luz en zonas muy críticas que un fallo de alumbrado puede causar situaciones peligrosas para las personas, es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI, ver capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)" del 3.er Volumen.

6.2.4.11. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento...).

■ Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN (en este caso solo podemos utilizar la solución TN-S, o sea que el conductor de protección y el conductor neutro son distintos y solamente tienen en común que están unidos a tierra en su origen).

■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.

■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno de los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conducto deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados. Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez.

■ En la práctica, un dispositivo de seccionamiento debe ser previsto al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.

■ En el último caso el seccionamiento puede ser asegurado:

□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte omnipolar.

□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

■ En el apartado 6.2.4.3. “Criterios de seguridad en las cámaras frigoríficas, las cámaras de climatización y los túneles de congelación”, página L/416 hemos descrito las necesidades de seccionamiento y mando de emergencia propias de los equipos frigoríficos.

6.2.4.12. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT específica sobre el tema, porque está desarrollado en el Real Decreto 1955/2000. Hoy no se dispone de las instrucciones técnicas complementarias al Real Decreto, pero sí que se pueden empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA

REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.

3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalación puede transmitir a la red pública de suministro son: las posibles sobretensiones atmosféricas que puede captar el edificio, los armónicos generados por sus cargas, una excesiva energía inductiva y las posibles bajadas de tensión producidas por las puntas de arranque de ciertas cargas.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas
Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.

La protección contra las sobretensiones de la red
Estudio según las instrucciones del apartado 6.6.1. "Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger" pág. H2/249 del 2.º Volumen.

La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión en instalaciones domésticas no es importante pero en industriales tanto en el alumbrado como en las rampas de arranque de motores es considerable y supera el 8% global tolerado en la norma UNE-EN 50160 y alcanza hasta un 36% en el alumbrado y un 75% en las rampas, por tanto deberemos corregir los armónicos con un compensador activo SineWave THM.

El ahorro de consumo
La ITC-BT solicita la implantación de técnicas para el ahorro energético:
■ Consumo: simplemente circuitos discriminados para que actúen cuando sean necesarios.
■ Intensidades luminosas adecuadas a la función.
■ Reducción de la intensidad luminosa en horas de afluencia reducida en la zona iluminada.
■ Adecuación de las temperaturas a las necesidades reales.
El estudio del control energético y las técnicas que Schneider Electric ofrece las hemos comentado en el capítulo K, y por su importancia y extensión han ocupado todo el 4.º Volumen de este manual.

El equilibrio entre la potencia aparente y la activa
En el capítulo D, apartado "Complemento por energía reactiva", página D/47 del 1.er Volumen disponemos de la información correspondiente a la contratación de la energía y de los costes del kVAr.
En el capítulo E "¿Cómo compensar una instalación?", página E/27 del 1.er Volumen, dispondremos de los datos necesarios para ayudar a tomar una decisión adecuada al tema, no obstante se observa una tendencia de los órganos de reglamentación a reducir las pérdidas en los conductores, y por tanto del consumo, producidas por el desfase de la tensión y la intensidad.
Por ejemplo: en la instrucción ITC-BT-09 (de alumbrado exterior) solicita una compensación individual de cada carga hasta un cos φ de 0,9 como mínimo, a veces difícil de lograr en cada punto luz, por causa de la dificultad de encontrar en el mercado productos estandarizados que logren este valor. Pero no es difícil ajustarse a valores al entorno de 0,85 y llegar al valor deseado para la contratación, con una compensación adicional al total de la instalación.

ITC-BT-42

6.2.5. Instalaciones eléctricas en puertos, marinas y barcos de recreo

Hemos situado este tema, que se dedica a las instalaciones eléctricas bajo la influencia del agua y la corrosión, junto a los tratados bajo el efecto del agua, por

ser el carácter más genérico y con la problemática añadida propia de los elementos corrosivos.

6.2.5.1. Campo de aplicación

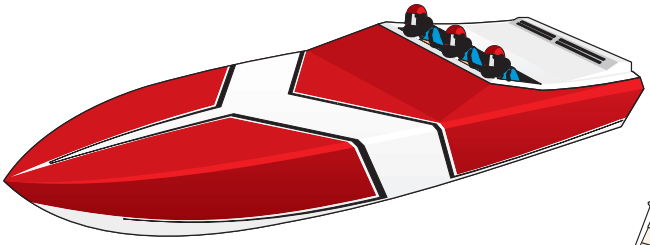
Este apartado se refiere exclusivamente a las instalaciones eléctricas en barcos de recreo, deportivos y casas flotantes, así como las instalaciones en los pantanales fijos para el suministro de energía a los elementos amarrados en él.

Conceptos

Qué entendemos por barcos de recreo, deportivos o viviendas flotantes

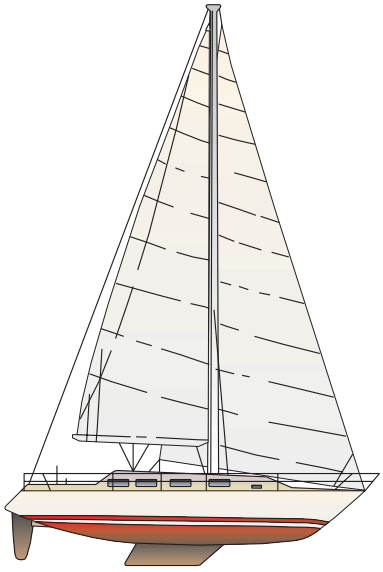
Consideramos barcos de recreo, bajo la perspectiva de sus instalaciones eléctricas, a todo barco, navío, yate, casa flotante u otra unidad flotante motorizada o no, utilizada exclusivamente para el deporte o el ocio, hasta una longitud de 20 m o con un desplazamiento máximo de 15 m^3:

■ Deportivos.

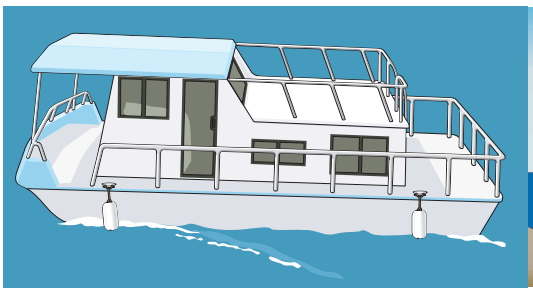


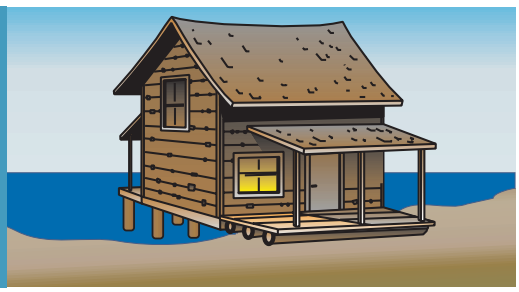
■ De recreo.





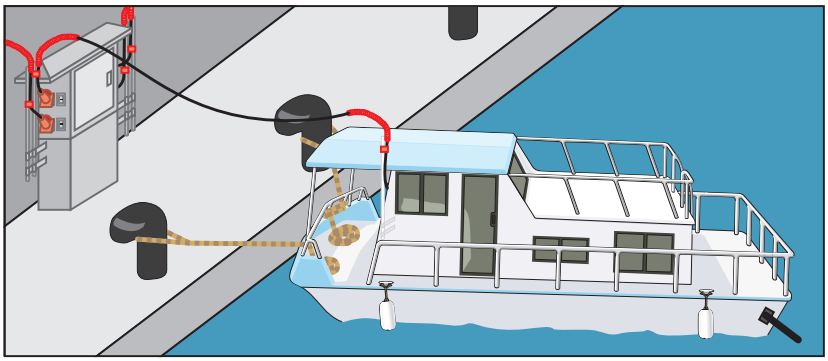
■ Viviendas flotantes y viviendas sobre el mar.





Qué entendemos por puertos y marinas

Entendemos por puertos y marinas a todos los malecones, escolleras o pontones flotantes fijos, apropiados para el fondeo o amarre de barcos de recreo.



6.2.5.2. Alimentaciones y circuitos

La tensión de alimentación será

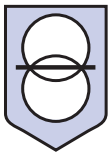
■ En las instalaciones de puertos y marinas, monofásica a 230 V y en casos especiales puede ser trifásica a 230/400 V.

■ En los barcos de recreo deportivos o viviendas flotantes:

□ Monofásica a 230 V y en casos especiales puede ser trifásica a 230/400 V. Protegidos por interruptores a corriente diferencial residual de 30 mA que garanticen una tensión de contacto de 24 V CA.

□ Circuitos de MBTP, de como máximo 24 V CA, o 60 V CC, alisada.

MBTP
24 V CA, o
60 V CC,
alisada



Interruptores a corriente diferencial-residual de 30 mA o 10 mA



El trazado de las líneas:

■ Debemos tener una precaución en el reparto de líneas. En un mismo muelle o línea de barcos contigua, que en estado de reposo los cascos pueden ser accesibles por una misma persona, de repartir una única fase para evitar que posibles pequeñas fugas permanentes de dos fases puedan:

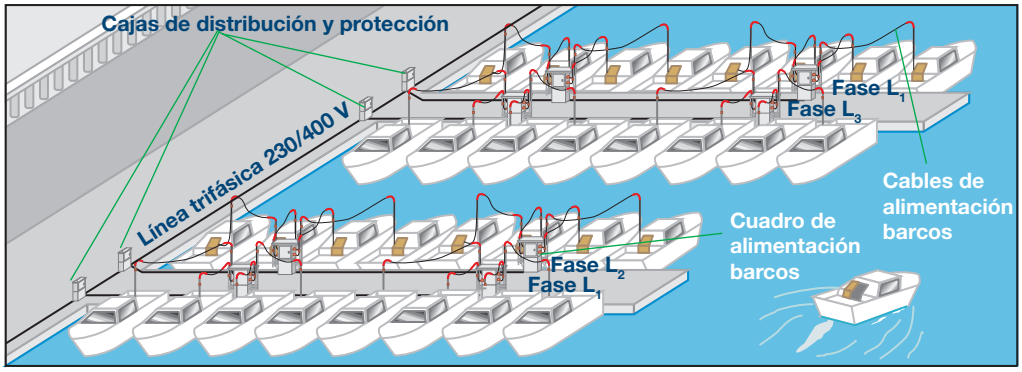


Fig. L6.2-037: *distribución de fases en las líneas de los puertos deportivos.*

□ Ser interconectadas involuntariamente por un observador, transeúnte o utilizador.
□ Que las fugas de dos fases a través de las puestas a tierra de los cascos de los barcos puedan iniciar un proceso de corrosión por electrólisis.
■ Si alimentamos a través de un transformador de separación desde el punto de alimentación del muelle, debemos tener en consideración que la red equipotencial del barco debe conectarse a uno de los bornes de alimentación del secundario del transformador.

Los regímenes de neutro

■ Las instalaciones internas de los barcos de recreo pueden ser efectuadas en los tres régimen de neutro TT, TN-S e IT, aunque el más común es el TN-S. El TN-C no es recomendable, puesto que no admite protecciones a corriente diferencial residual.
■ La tierra acostumbra a ser la parte del casco en contacto con el agua o bien si éste es aislante una franja metálica en contacto con el agua.
■ Si el régimen de neutro de la instalación del barco no corresponde al régimen de neutro del muelle, deberemos colocar un transformador de separación, en el que la toma de tierra del primario ha de ser la del muelle y la del secundario la unión equipotencial del barco. En estas circunstancias debemos tener en consideración las posibles corrientes de fuga permanentes que pueden generar un proceso de electrólisis de corrosión de la parte metálica en contacto con el agua.

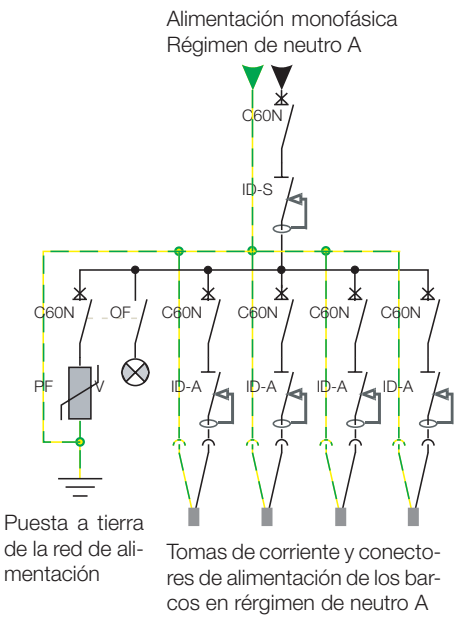


Fig. L6.2-038: *esquema del cuadro de alimentación a cuatro embarcaciones, con el mismo régimen de neutro de la alimentación.*

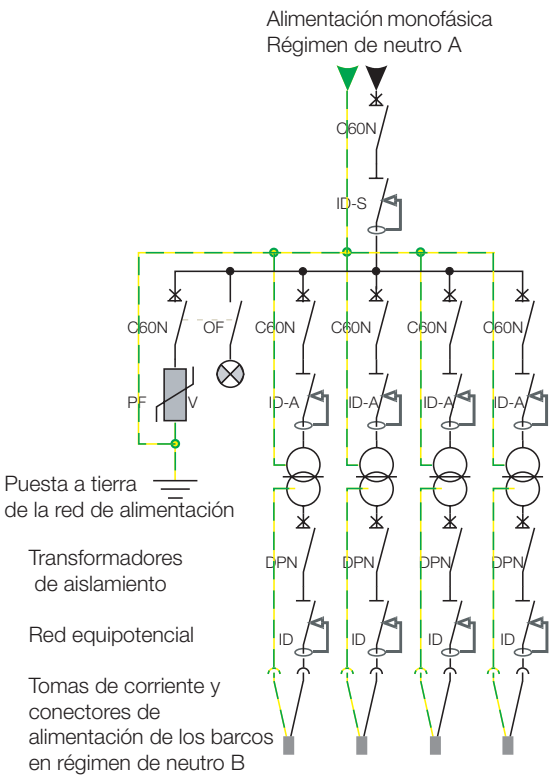


Fig. L6.2-039: *esquema del cuadro de alimentación a cuatro embarcaciones, con diferente régimen de neutro de la alimentación, a través de transforma-dores de separación.*

■ Si alimentamos con circuitos de MBTP, el esquema de alimentación puede coincidir con el de la Fig. L6.2-039, correspondiente al esquema de alimentación con transformadores de separación.

ITC-BT-42

6.2.5.3. Elección de materiales para instalaciones en marinas y barcos de recreo

Grados de protección y canalizaciones

Tanto las instalaciones de puertos y marinas como las cubiertas de los barcos son ambientes sin control de temperatura ni de humedad, al aire libre, expuestas a la lluvia, al sol, a algún golpe de mar y a la corrosión salina:

■ En los puertos y marinas pretendemos dar una orientación media para un emplazamiento en el territorio peninsular español como ejemplo de aplicación, pero se debe ajustar a las características propias del lugar de ubicación.

■ Los barcos de recreo pueden surcar todos los mares y por tanto debemos tener en consideración todos los máximos y mínimos posibles.

■ En la ITC-BT-30 en el apartado 9. "Instalaciones en otros locales de características especiales" encontraremos las prescripciones para su definición y nos dirige a la UNE 20460-3. Ver apartado 8. "Las influencias externas", página F/331 del 1.er Volumen.

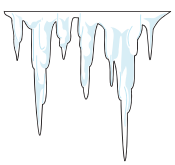
Grado de protección

■ Condiciones climáticas en función de la temperatura y la humedad:



En puertos y marinas corresponde a un grado AB7:
– Temperatura inferior del aire –25 ºC.
– Temperatura superior del aire +55 ºC.
– Humedad relativa inferior 10%.
– Humedad relativa superior 100%.
– Humedad absoluta inferior 0,5 g/m^3.
□ Humedad absoluta superior 29 g/m^3.

En barcos de recreo corresponde a un grado AB8:
– Temperatura inferior del aire –50 ºC.
– Temperatura superior del aire +60 ºC.
– Humedad relativa inferior 15%.
– Humedad relativa superior 100%.
– Humedad absoluta inferior 0,04 g/m^3.
□ Humedad absoluta superior 36 g/m^3.



□ Para poder atender estas condiciones debemos solicitar los ensayos de resistencia a los cambios atmosféricos en la cámara climática.

□ Las instalaciones sometidas a temperaturas fuera de los rangos requerirán de una consideración especial. La temperatura superior en los barcos para una categoría de empleo AB8 es de +40 ºC y para cubrir zonas del ecuador debemos considerar +60 ºC.



□ Los ensayos requeridos deberán realizarse para poder satisfacer la necesidad de 60 ºC.

□ Estos ensayos especiales deben consensuarse con el fabricante del material, el laboratorio de ensayos y el ente certificador.

■ Condiciones climáticas en función de la presencia de agua:



□ Corresponde a un grado AD6. Localizaciones situadas al borde del mar tales como malecones, playas, muelles, etc.

□ Protección recomendada IPx6 (para la protección de los cuadros y cajas de empalme o derivación deberemos prever la protección IPx6B).

■ Condiciones climáticas en función de la presencia de polvo:



□ Corresponde a un grado AE5. Presencia de depósitos de polvo 35 < depósitos de polvo ⩽ 350 mg/m^2 por día. Es obvio que no todos los días tendremos una depositación de esta cantidad de polvo, pero debemos tener como mínimo esta precaución por los días de viento durante el año.

□ Protección recomendada IP5x (para la protección de los cuadros y cajas de empalme o derivación deberemos prever la protección IP5xB).

■ Condiciones climáticas en función de la presencia de sustancias corrosivas:



□ Corresponde a un grado AF2. Instalaciones situadas cerca del mar.

□ Protección recomendada, resistente a la niebla salina y al ensayo de protección a la corrosión a una disolución de cloruro de amonio.

■ Condiciones climáticas en función de las radiaciones solares:



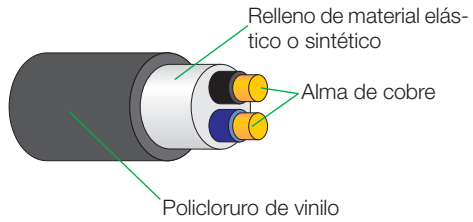


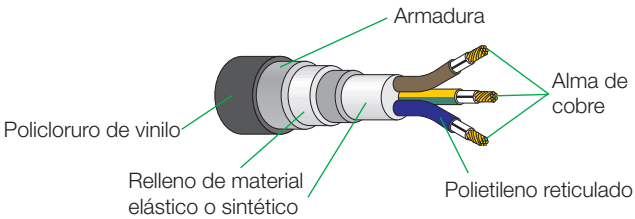
□ Corresponde a un grado AN2. Presencia de intensidad media de rayos solares 500 < Intensidad ⩽ 700 W/m^2.
□ Ensayo de resistencia al calor, ensayo de la bola.
□ Ensayo de resistencia a los rayos ultravioleta.
■ Condiciones climáticas en función de los posibles impactos:
□ Corresponde a un grado AG2. Resistentes a impactos medios de unos 6 julios.
□ Recomendado IK07.
■ Condiciones climáticas en función del viento:
□ Corresponde a un grado AS2. Resistente a vientos entre 20 m/s < velocidad ⩽ 30 m/s, entre 72 y 108 km/h (quedan superadas con el grado IK07).

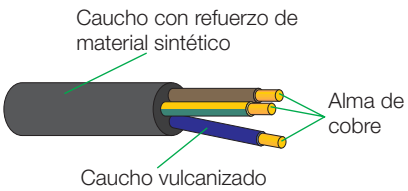
Conducciones

Los conductores

En el 1.er Volumen, en la Tabla F7-091, página F/218 encontraremos la forma de denominación de los conductores según la IEC es y en la Tabla F7-093, página F/219 los conductores estandarizados por CENELEC. Los conductores deberán cumplir la norma UNE 21166 o EN 21027-16:
■ En los muelles:
□ Cables con armaduras y cubiertas de material termoplástico o elastómero.
□ Otros cables y materiales, con protecciones mecánicas superiores a los citados.
■ En las cubiertas de los barcos o casas flotantes:
□ Cables flexibles aislados con elastómeros.

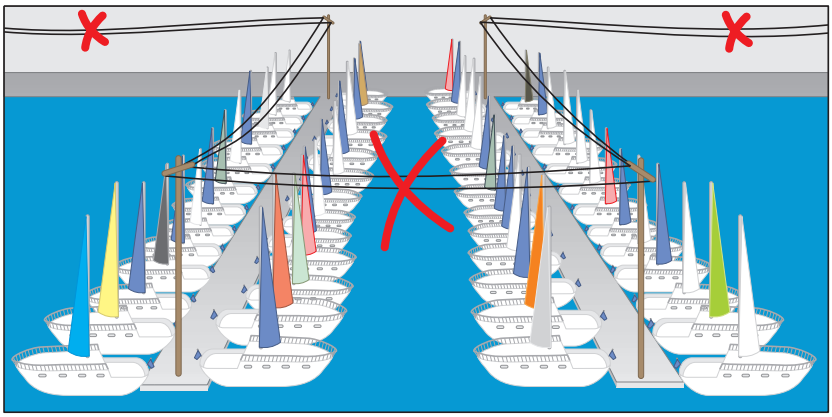




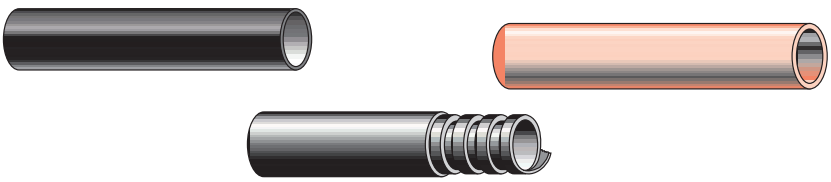


Las conducciones

Las líneas aéreas no son utilizables:
■ En los muelles.
Las líneas pueden ser subterráneas o empotradas, en función del tipo de construcción del malecón o muelle.
Deben realizarse bajo conductos los cuales deberán mantener las siguientes características (según la tabla F7-097 de la IEC, página F/226 del 1.er Volumen):



□ Primera cifra (resistencia mecánica) como mínimo valor (4).
□ Segunda y tercera cifras en función del punto de instalación.
□ La primera y segunda cifras complementarias en función de la instalación deseada.
□ La tercera cifra complementaria; resistencia a la penetración de agua, de como mínimo valor (6), resistente a los golpes de mar en todas las zonas vistas.
□ La cuarta cifra complementaria; resistencia a la penetración de cuerpos sólidos de como mínimo valor (5), resistente al polvo.
□ La quinta cifra complementaria; resistencia a la corrosión de como mínimo valor (5), resistencia externa elevada e interna media.
□ La sexta cifra complementaria; resistencia a los rayos solares de como mínimo valor (3), resistencia elevada en las zonas vistas.
□ Las partes de conducción enterradas se realizarán según lo especificado en el apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen.
□ Si existe una parte vista, deberá realizarse de conformidad al apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214 del 1.er Volumen.
■ En las cubiertas de los barcos:
□ Serán conducciones vistas de montaje superficial bajo tubo de conformidad al apartado “Instalaciones empotradas o vistas”, página F/217 del 1.er Volumen.
□ Los soportes de las conducciones deben cumplir los mismos requisitos especificados para las conducciones.



■ La conexión del puerto o malecón al barco:
□ La conexión debe estar protegida del vaivén propio del barco.
□ La conexión no debe tocar al agua del mar, puesto que una conexión mojada no mantiene la resistencia dieléctrica de origen.
□ Deberemos prever atalayas que mantengan los conductores fuera del alcance del agua.
□ Deberemos colocar instrucciones que indiquen los trabajos que deben realizarse en caso de que accidentalmente una conexión se sumerja en el agua del mar. Ver apartado “Instrucciones de utilización a situar en la conexión eléctrica en el punto de amarre”, página L/196.

■ El conductor:
□ La ITC-BT-42 del Reglamento de Baja Tensión debe ser del tipo H07 RN-F. Según la Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen, encontraremos la forma de denominación de los conductores según la IEC, y en la Tabla F7-093, página F/219 del 1.er Volumen, los normalizados por CENELEC.
□ H: cable armonizado.
□ 07: tensión nominal 450/750 V.
□ R: aislamiento de caucho natural o equivalente (goma).
□ N: cubierta de policloropreno, neopreno, policloruro de propileno...
□ –: al no existir indicación quiere decir que es de cobre.
□ F: conductor trenzado con trenza de clase 5 (flexible).
□ Falta una indicación que corresponde a la presencia del conductor de protección de color verde-amarillo (G).
□ La longitud máxima de la conexión no debe superar los 25 m, según la ITC-BT-42.
□ La conexión no debe tener ningún empalme intermedio, según ITC-BT-42.
□ La conexión debe disponer en los extremos de las clavijas de toma de corriente, macho a la conexión del puerto o malecón y hembra a la conexión del barco, según lo expuesto en el apartado “Conexión a un barco de recreo”, página L/197.

Base del lado de la alimentación en el muelle

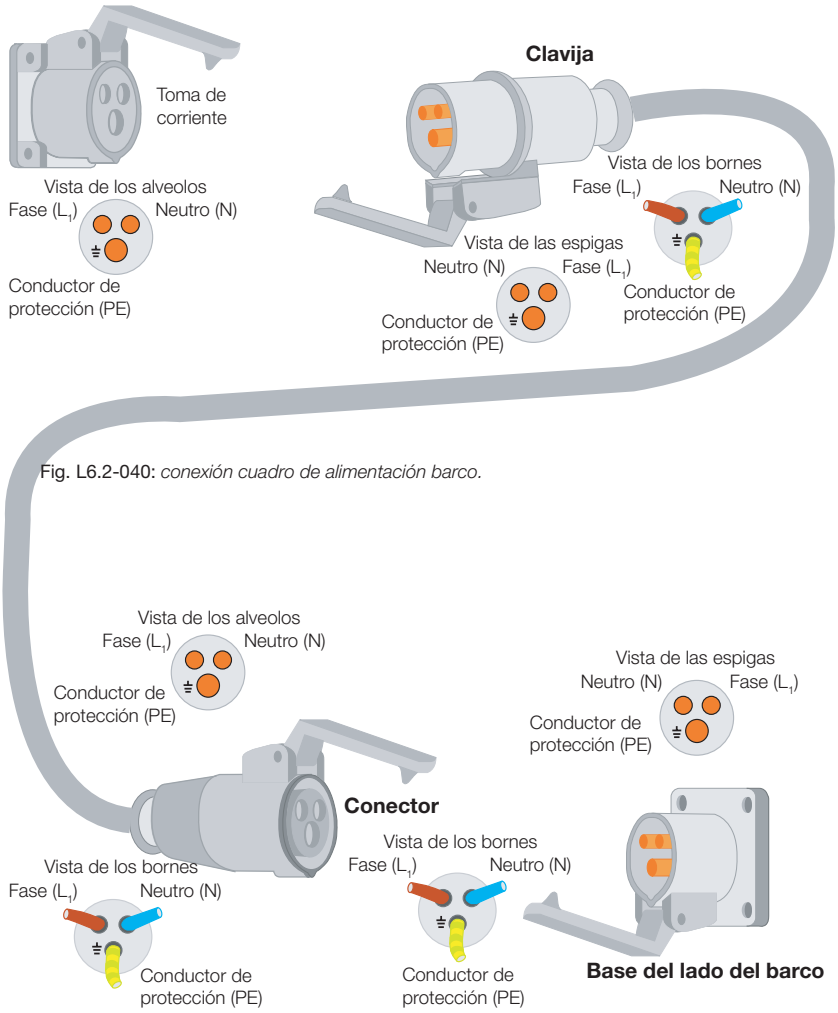
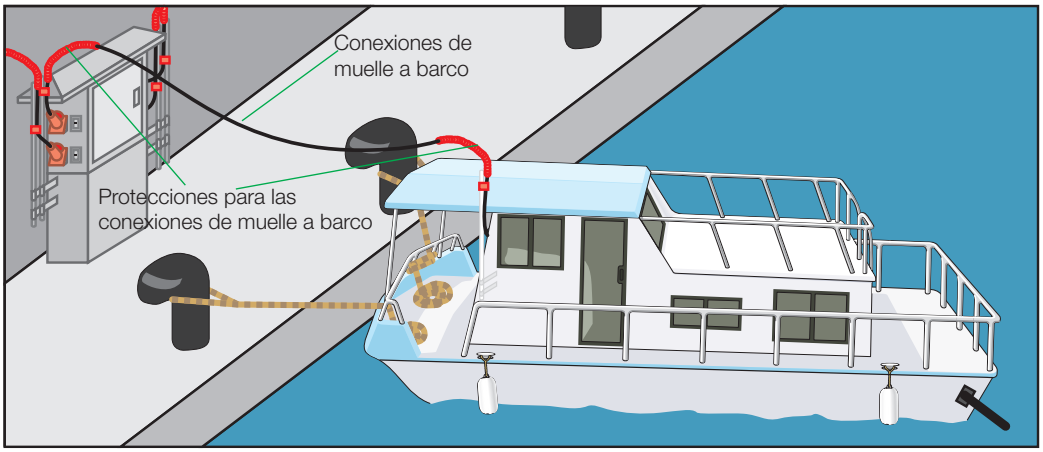


Fig. L6.2-040: *conexión cuadro de alimentación barco.*

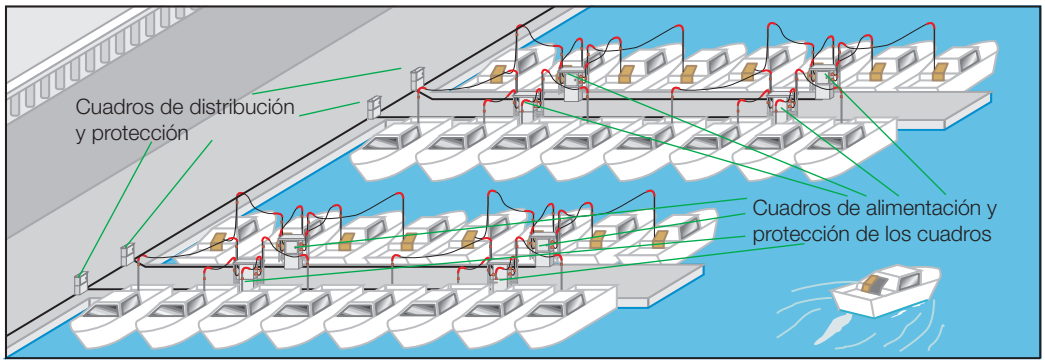


Cuadros de distribución y alimentación:

■ Los cuadros deberán satisfacer las características climatológicas específicas del lugar.

■ El conjunto de envolventes y aparamenta deberán cumplir sus funciones tecnológicas bajo las características climatológicas específicas del lugar.

Los cuadros de las zonas marinas serán los correspondientes a la distribución y a la alimentación de los buques.



■ Cuadros de distribución.

Los cuadros de distribución deben repartir las fases, proteger los conductores y los cambios de sección.

Deben situarse sobre una base de 1 m de altura para evitar el contacto con el agua del mar o estar protegidos contra la inmersión.

■ Los cuadros de alimentación de las tomas de los buques.

□ Deben cumplir con las condiciones climáticas prevista.

□ No deben llevar más de 6 tomas por cuadro para alimentar a seis barcos diferentes.

□ Las protecciones deben ser individuales para cada alimentación.

□ Las tomas de corriente deberán ser estancas según las instrucciones de la UNE-EN 60309 y sus características serán:

– Tensión asignada: 230 V.
– Intensidad asignada: 16 A.
– Número de polos: 2 + toma de tierra.
– Posición horaria 6 h.
– Grado de estanqueidad IPx6.

Deben situarse sobre una base de 1 m de altura para evitar el contacto con el agua del mar o estar protegidos contra la inmersión.

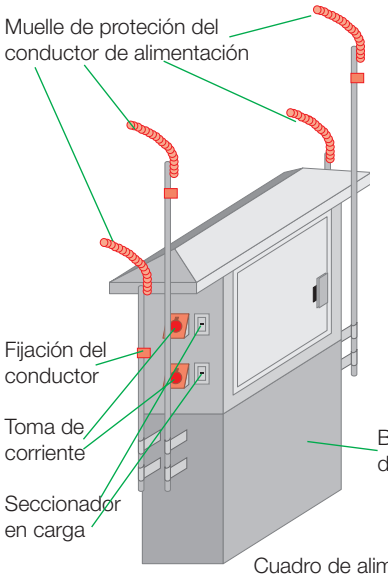


Fig. L6.2-041: *cuadro de alimentación.*

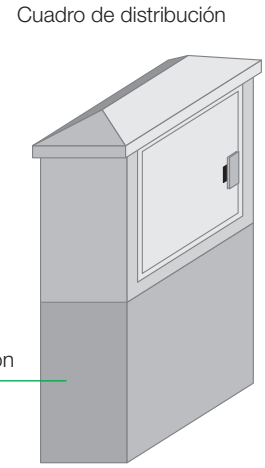


Fig. L6.2-042: *cuadro de distribución.*

6.2.5.4. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Medidas de protección contra los choques eléctricos

Protección contra los contactos directos

■ En los muelles y barcos:

□ En las partes conductoras con posibilidad de acceso después de la apertura de una puerta o registro por medio de un útil o llave, debe colocarse un interruptor de desconexión general de la alimentación y en los bornes un refuerzo de protección al grado IP correspondiente a IPxxB.

B = protección de las partes conductoras para no poder ser tocadas por un dedo.

□ En las zonas mojadas o húmedas toda precaución es poca y siempre es recomendable situarse sobre una superficie aislante seca antes de acceder a zonas con elementos conductores.

Protección contra los contactos indirectos

■ En los muelles.

Las medidas de protección por corte automático de la alimentación (basada en la limitación del tiempo de contacto y de la limitación de la intensidad de circulación por el cuerpo humano).

■ En los barcos:

□ Las medidas de protección pueden resumirse en tres:

a) Medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático de la alimentación, utilizando MBTS.

b) Medidas de protección por corte automático de la alimentación (basada en la limitación del tiempo de contacto y de la limitación de la intensidad de circulación por el cuerpo humano).

c) Medidas de protección con transformadores de separación para cada carga acoplada a un dispositivo de protección por corte automático de la alimentación (basada en la limitación del tiempo de contacto y de la limitación de la intensidad de circulación por el cuerpo humano) y la unión de un conductor del secundario del transformador de separación, a la red de equipotencialidad del barco.

□ En el capítulo G, apartado 3. “Protección contra los contactos indirectos”, página G/53, del 2.º Volumen, encontraremos la forma de desarrollar y calcular las protecciones, y en los apartados 4. “Instalación en régimen TT”, página G/815. “Instalación en régimen TN”, página G/140 y 6. “Instalación en régimen IT”, página G/149 el desarrollo de la instalación en función del régimen de neutro de la alimentación.

■ Red equipotencial específica para los barcos:

□ Todas las masas metálicas (el casco si corresponde) y elementos conductores susceptibles de colocarse bajo tensión por cualquier concepto circunstancial, deben estar unidas en una propia red de equipotencialidad, que debe conectarse al borne principal de toma de tierra de la alimentación o a un conductor del secundario cuando utilizamos transformadores de separación.

□ Masas.

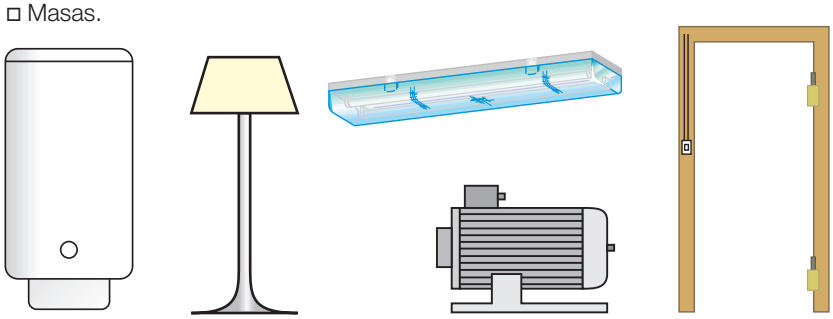


Fig. L6.2-043: *masas a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Elementos conductores.

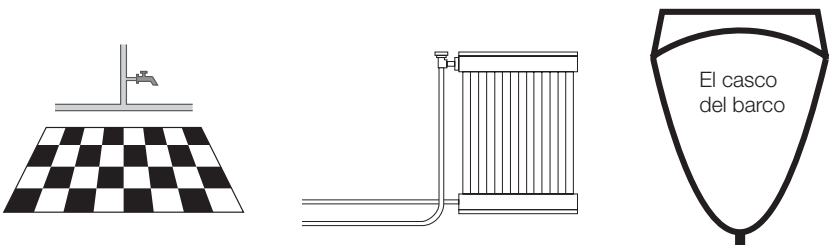


Fig. L6.2-044: *elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Unión equipotencial principal.

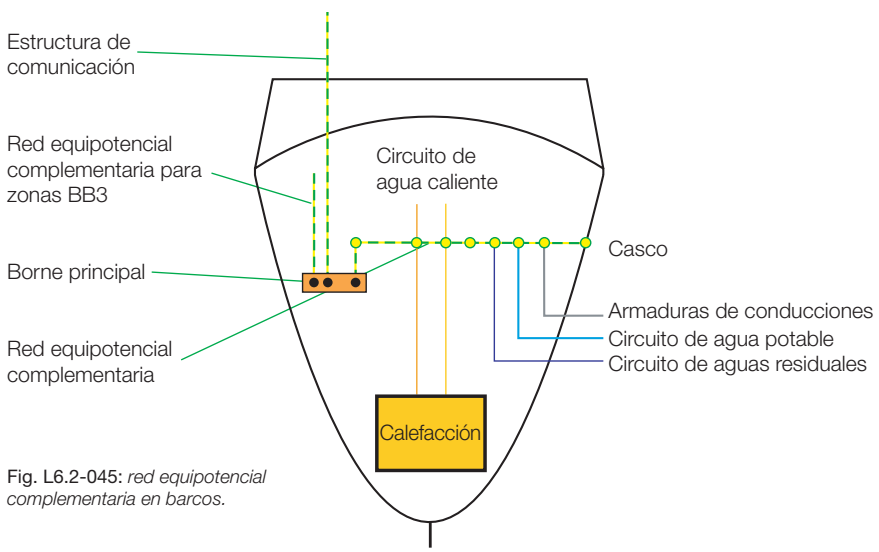


Fig. L6.2-045: *red equipotencial complementaria en barcos.*

Cuando se eligen protecciones con MBTS o con transformadores de separación con aislamiento equivalente, el ser humano solo queda sometido a un choque eléctrico cuando el circuito queda cerrado entre dos conductores activos, puesto que la fuente no dispone de puesta a tierra no llega a cerrar el circuito a través de ella y no pueden existir derivaciones; por tanto todas las protecciones contra los choques eléctricos se concentran en la protección de las partes activas para que no sean accesibles al cuerpo humano.

Nota: esta exposición es cierta a medias; al utilizar esta expresión de "cierta a medias" se quiere hacer resaltar que si hablamos de redes de gran longitud éstas tienen una capacitancia y resistencia con respecto a tierra, y que normalmente es menor el valor de perforación de la capacitancia que la de la resistencia, y puede existir un circuito a través de tierra si lo comunicamos con una perforación de la capacitancia de la red con respecto a tierra.

■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 12 V CA, o 30 V CC, alisada, la diferencia de potencial no es suficiente para proporcionar una circulación de intensidad en el cuerpo humano capaz de provocarle la fibrilación ventricular, pero desconocemos si puede crear en el tiempo otras alteraciones.
Si la protección es con MBTS con un máximo de 24 V CA, o 60 V CC, alisada, la diferencia de potencial en según qué circunstancias puede llegar a provocar una fibrilación ventricular, ver apartado 1.1. "Choques eléctricos", página G/31 del 2.° Volumen.

La expresión utilizada "en según qué circunstancias puede llegar a provocar la fibrilación ventricular" quiere expresar un toque de atención:
1.°) A 25 V CA, la resistencia del cuerpo humano para un 5% de la población no es superior a 1.750 W, ver Tabla G1-009, página G/35 del 2.° Volumen.
2.°) Si el cuerpo humano está húmedo por el ambiente puede llegar a estar susceptible y por tanto sus condiciones fisiológicas normales no se mantienen.
3.°) Si se sitúa con una resistencia de 500 W (caso posible en la humanidad), la intensidad a circular por él es de I = 24 V/500 W = 0,048 A y este valor entra en la zona de fibrilación ventricular a los 250 ms. Ver Fig. G1-011, página G/38 del 2.° Volumen.

■ Si la protección es por medio de un interruptor a corriente diferencial residual de alta sensibilidad para cada carga o circuito, sólo protege los contactos entre un conductor activo y masa (tierra) si el régimen de neutro es un:
□ TT, neutro del transformador a tierra y masas a tierra.
□ TN-S, neutro del transformador a tierra y masas a conductor de protección, pero en la modalidad de separación del conductor de protección del neutro.
□ IT, neutro del transformador aislado de tierra y masas a tierra.
Todos ellos cumplirán con su función de protección si la tierra está debidamente calculada para una situación de BB2 (24 V CA, o 60 V CC, alisada) y mantenida. Ver apartados 3. "Protección contra los contactos indirectos", página G/53, 4. "Instalación en régimen TT", página G/81, 5. "Instalación régimen TN", página G/140, 6 "Instalación régimen IT", página G/149 y 8. "Las protecciones contra los contactos indirectos en las instalaciones domésticas", página G/227 del 2.° Volumen.
■ En los barcos si utilizamos un transformador de separación debemos conectar la red equipotencial a una salida del arrollamiento secundario, por tanto entre los conductores activos y la red equipotencial existe una diferencia de potencia que puede llegar a ser perjudicial al ser humano, por tanto deberemos proteger los circuitos con interruptores diferenciales conectados a los dos hilos activos, y por ser zonas húmedas o mojadas los diferenciales deben ser de alta sensibilidad de 30 mA como máximo.

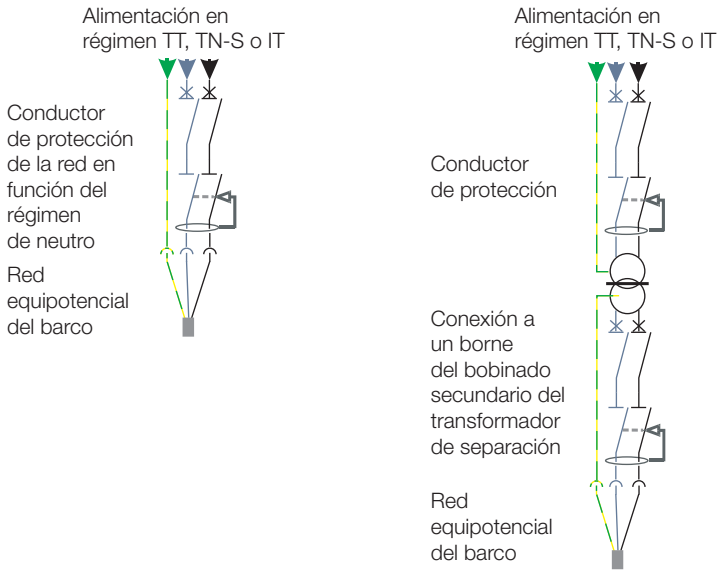


Fig. L6.2-046: *conexión del conductor de protección y la red equipotencial en función de la alimentación.*

6.2.5.5. Medidas de protección contra los efectos térmicos

Podemos diferenciar dos incidencias térmicas que acostumbran a dar problemas si no se tienen en consideración.

El calentamiento excesivo en las luminarias

■ Los casquillos de las lámparas que obligan a la utilización de conductores resistentes a la temperatura, de como mínimo 125 ºC.

■ Las lámparas desprenden una cantidad de energía térmica que las luminarias deben poder soportar y disipar, cuidado en la elección de las luminarias en función del calor desprendido por la fuente de luz y las temperaturas ambientales a soportar. ¡Atención! a las luminarias de Clase II.

El calentamiento excesivo en las conducciones

Debemos considerar las intensidades que deben circular en los conductores y el espacio suficiente de las conducciones, independientemente de los cálculos que debemos efectuar de conformidad al capítulo H1 “Los circuitos y su dimensionado” del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones.

Atención a las instalaciones que se realizan con tensiones de seguridad de 12V, lo cual obliga a secciones superiores que no se manejan tan habitualmente.

En las instalaciones de acondicionamiento o frígoríficas, en la sala de máquinas se genera calor. Debemos tener precauciones de separar las conducciones eléctricas de los conductos o puntos calientes.

Calentamiento de las cajas de conexión

Debemos poner mucha atención a los bornes de los circuitos de MBTS puesto que las intensidades son superiores y las tensiones inferiores, por tanto la caída de tensión por contacto representa un calentamiento muy superior en relación a las instalaciones comunes a tensiones nominales normales.

Calentamiento en el interior del cuadro general
Deberemos prever un tipo de cuadro capaz de soportar las inclemencias atmosféricas con el grado de protección (IPxxB) correspondiente, pero que permita la evacuación del calor desprendido de la aparamenta, bien sea de forma natural o forzada.

6.2.5.6. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En el capítulo H1 "Los circuitos y su dimensionado" del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular los circuitos y sus protecciones:
■ 3.2. "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", página H1/74 del 2.º Volumen.
■ 3.2.2. "Determinación de la sección en función de la caída de tensión", página H1/82 del 2.º Volumen.
■ 3.2.3. "Determinación de la sección en función de las corrientes de cortocircuito", página H1/88 del 2.º Volumen.
■ 3.2.4. "Los conductores de protección PE", página H1/108 del 2.º Volumen.
■ 3.2.5. "El conductor neutro", página H1/114 del 2.º Volumen.

Determinación de los materiales de protección
En el capítulo H2, apartado 3.2. "La aparamenta de protección contra las sobreintensidades", página H2/78 del 2.º Volumen, encontraremos la forma de definir los materiales de protección.

6.2.5.7. Medidas de protección contra las sobretensiones

En el capítulo H1, apartado 4. "Las medidas de protección a los efectos de las sobretensiones", página H1/157 del 2.º Volumen encontraremos las instrucciones y formas de calcular sus protecciones. Debemos mantener una especial atención a las sobretensiones de origen atmosférico en los circuitos con régimen IT, colocando descargadores Cadwer para minimizar sus efectos.

6.2.5.8. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En una red deberemos tener en consideración el trazado de la propia red, atendiendo a las precauciones expresadas en el apartado 7.3. "Las conducciones y la compatibilidad electromagnética CEM", página F/264 del 1.er Volumen.
Puede ser muy importante la CEM en los cuadros de mando de las instalaciones, y por tal motivo es conveniente tener en consideración las recomendaciones del apartado 6.8. "Los cuadros eléctricos y la CEM", página F/152 del 1.er Volumen, y el apartado "Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones en los cuadros", página H2/262 del 2.º Volumen.

6.2.5.9. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

En las instalaciones de barcos con propulsión con generadores propios prácticamente no tiene incidencia, pero en las instalaciones comerciales o industriales que pueden existir en los malecones, el arranque de motores puede tener incidencia sobre la red, debiendo prever en algunos casos rampas de arranque (en el próximo volumen, donde desarrollaremos el capítulo M "Seguridad en las máquinas", quedará el tema desarrollado).

En las instalaciones marinas

■ En las lámparas de descarga las bajadas de tensión se acusan mucho, llegando al extremo de producir descebados de las mismas y procesos de reencendido que limitan su vida.

No obstante la función de alumbrar acostumbra a ser más importante que la reducción de vida de los materiales. En función de la incidencia de las bajadas de tensión en la zona debemos tener que aplicar alternativas.

■ Si la maniobra del alumbrado se realiza por medio de contactores, puede ser que una pequeña bajada de tensión actúe sobre el contactor desactivándolo, y nos corte el alumbrado cuando las lámparas no acusan esta alteración en su funcionamiento. Para evitar este corte debemos retardar la desconexión de los contactores.

■ Si el corte es suficientemente importante para llegar a descebar las lámparas de descarga, entonces debemos tener en consideración que un rearme automático no es conveniente, por tanto deberemos controlar estos casos con:

□ La instalación de una bobina de mínima tensión para que desconecte la alimentación.

□ La instalación de un temporizador para iniciar el encendido después de un tiempo de enfriamiento de las lámparas para reanudar el proceso de encendido en condiciones favorables.

En el caso de que tengamos unos determinados puntos luz en zonas muy críticas que un fallo de alumbrado puede causar situaciones peligrosas para las personas, es aconsejable alimentar estos puntos luz por medio de un SAI, ver capítulo J, apartado 14. “Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)” del 3.er Volumen.

6.2.5.10. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

■ Todo circuito debe poderse seccionar en todos sus conductores a fin de asegurar la puesta fuera de tensión en las intervenciones (búsqueda de defectos, mantenimiento...).

■ Los dispositivos de seccionamiento deben cortar todos los conductores activos del circuito, a excepción de los conductores de protección PEN en el esquema TN (en este caso solo podemos utilizar la solución TN-S, o sea que el conductor de protección y el conductor neutro son distintos y solamente tienen en común que están unidos a tierra en su origen).

■ El seccionamiento puede realizarse por medio de dispositivos de protección (interruptores automáticos seccionadores, fusibles) o de mando si son de corte omnipolar y satisfacen las condiciones de la función de seccionamiento.

■ El seccionamiento puede asegurarse por un dispositivo asegurando el corte de todos los conductores activos o por la unión de dispositivos que aseguren el corte de cada uno de los conductores; en este caso los dispositivos concernientes a un mismo conducto deben situarse de lado (contiguos) y claramente identificados. Es recomendable asegurar el seccionamiento por un solo dispositivo que corte todos los conductores activos a la vez.

■ En la práctica, un dispositivo de seccionamiento debe ser previsto al origen de las canalizaciones de alimentación, en el armario situado en el origen de la instalación.

■ En el último caso el seccionamiento puede ser asegurado:

□ Bien sea por el interruptor automático, si es de corte omnipolar.

□ Bien sea por el dispositivo de protección (fusible o interruptor automático) si es unipolar, situado sobre el conductor de fase, y una pletina de seccionamiento sobre el conductor neutro.

6.2.5.11. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

La calidad de la energía

El reglamento para instalaciones de baja tensión no prescribe ninguna ITC-BT específica sobre el tema, porque está desarrollado en el Real Decreto 1955\|2000. Hoy no se dispone de las instrucciones técnicas complementarias al Real Decreto, pero sí que se pueden empezar a vislumbrar las condiciones de aplicación técnica en concordancia con la norma UNE-EN 50160.

MINISTERIO DE ECONOMÍA

REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Artículo 110. Perturbaciones provocadas por instalaciones receptoras.
3. Para evitar en lo posible la transmisión de defectos, o sus consecuencias, hacia las instalaciones del consumidor, o viceversa, las protecciones particulares del entronque de las instalaciones de clientes con la red general, y su regulación, deberán coordinarse entre la empresa distribuidora y el consumidor, en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias que se dicten por el Ministerio de Economía, previo informe de la Comisión Nacional de Energía.

Las interferencias posibles que una instalación puede transmitir a la red pública de suministro son: las posibles sobretensiones atmosféricas que puede captar el edificio, los armónicos generados por sus cargas, una excesiva energía inductiva y las posibles bajadas de tensión producidas por las puntas de arranque de ciertas cargas.

La protección contra las sobretensiones atmosféricas
Instalación de pararrayos convencionales contra las descargas atmosféricas.
Es obvia la necesidad de una reglamentación sobre la protección convencional de las sobretensiones atmosféricas de forma global.

La protección contra las sobretensiones de la red
Estudio según las instrucciones del apartado 6.6.1. “Evaluación del riesgo de las sobretensiones de la instalación a proteger”, página H2/249 del 2.º Volumen.

La protección contra los armónicos
La tasa de distorsión en instalaciones domésticas no es importante, pero en industriales tanto en el alumbrado como en las rampas de arranque de motores es considerable y supera el 8% global tolerado en la norma UNE-EN 50160 y alcanza hasta un 36% en el alumbrado y un 75% en las rampas, por tanto deberemos corregir los armónicos con un compensador activo SineWave THM.

El ahorro de consumo
La ITC-BT solicita la implantación de técnicas para el ahorro energético:
- Consumo: simplemente circuitos discriminados para que actúen cuando sean necesarios.
- Intensidades luminosas adecuadas a la función.
- Reducción de la intensidad luminosa en horas de afluencia reducida en la zona iluminada.

■ Adecuación de las temperaturas a las necesidades reales.

El estudio del control energético y las técnicas que Schneider Electric ofrece las hemos comentado en el capítulo K, y por su importancia y extensión han ocupado todo el 4.º Volumen de este manual.

El equilibrio entre la potencia aparente y la activa

En el capítulo D, apartado "Complemento por energía reactiva", página D/47 del 1.er Volumen disponemos de la información correspondiente a la contratación de la energía y de los costes del kVAr.

En el capítulo E "¿Cómo compensar una instalación?", página E/27 del 1.er Volumen, dispondremos de los datos necesarios para ayudar a tomar una decisión adecuada al tema, no obstante se observa una tendencia de los órganos de reglamentación a reducir las pérdidas en los conductores, y por tanto del consumo, producidas por el desfase de la tensión y la intensidad.

Por ejemplo: en la instrucción ITC-BT-09 (de alumbrado exterior) solicita una compensación individual de cada carga hasta un cos φ de 0,9 como mínimo, a veces difícil de lograr en cada punto luz, por causa de la dificultad de encontrar en el mercado productos estandarizados que logren este valor. Pero no es difícil ajustarse a valores al entorno de 0,85 y llegar al valor deseado para la contratación, con una compensación adicional al total de la instalación.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. LOCALES QUE CONTIENEN UNA BAÑERA O DUCHA. ITC-BT-27

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones objeto de esta instrucción son aplicables a las instalaciones interiores de viviendas, así como en la medida que pueda afectarles, a las de locales comerciales, de oficinas y a las de cualquier otro local destinado a fines análogos que contengan una bañera o una ducha o una ducha prefabricada o una bañera de hidromasaje o aparato para uso análogo. Para lugares que contengan baños o duchas para tratamiento médico o para minusválidos, pueden ser necesarios requisitos adicionales. Para duchas de emergencia en zonas industriales, son de aplicación las reglas generales.

2. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

2.1. Clasificación de los volúmenes

Para las instalaciones de estos locales se tendrán en cuenta los cuatro volúmenes 0, 1, 2 y 3 que se definen a continuación. En el apartado 5 de la presente instrucción se presentan figuras aclaratorias para la clasificación de los volúmenes, teniendo en cuenta la influencia de las paredes y del tipo de baño o ducha. Los falsos techos y las mamparas no se consideran barreras a los efectos de la separación de volúmenes.

2.1.1. Volumen 0

Comprende el interior de la bañera o ducha.

En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso:

a) Si el difusor de la ducha puede desplazarse durante su uso, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha.

b) Si el difusor de la ducha es fijo, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m al rededor del difusor.

2.1.2. Volumen 1

Está limitado por:

a) El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizon tal situado a 2,25 m por encima del suelo.

b) El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuanto este espacio es accesible sin el uso de una herramienta.

– Para una ducha sin plato con un difusor que pueda desplazarse durante su uso, el volumen 1 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical situado

a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha.
– Para una ducha sin plato y con un rociador fijo, el volumen 1 está delimitado por la superficie generatriz vertical situada a un radio de 0,6 m alrededor del rociador.

2.1.3. Volumen 2
Está limitado por:
a) El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m.
b) El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
Adem ás, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del su elo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

2.1.4. Volumen 3
Está limitado por:
a) El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m.
b) El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 3. El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IPx4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.

2.2. Protección para garantizar la seguridad
Cuando se utiliza MBTS, cualquiera que sea su tensión asignada, la protección contra contactos directos debe estar proporcionada por:
– Barreras o envolventes con un grado de protección mínimo IP2x o IPxxB, según UNE 20324.
– Aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en valor eficaz en alterna durante 1 minuto. Una conexión equipotencial local suplementaria debe unir el conductor de protección asociado con las partes conductoras accesibles de los equipos de Clase I en los volúmenes 1, 2 y 3, incluidas las tomas de corriente y las siguientes partes conductoras externas de los volúmenes 0, 1, 2 y 3:
– Canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües (por ejemplo agua, gas).
– Canalizaciones metálicas de calefacciones centralizadas y sistemas de aire acondicionado.
– Partes metálicas accesibles de la estructura del edificio.

Los marcos metálicos de puertas, ventanas y similares no se consideran partes externas accesibles, a no ser que estén conectadas a la estructura metálica del edificio.
– Otras partes conductoras externas, por ejemplo partes que son susceptibles de transferir tensiones.

Estos requisitos no se aplican al volumen 3, en recintos donde haya una cabina de ducha prefabricada con sus propios sistemas de drenaje, distintos de un cuarto de baño, por ejemplo un dormitorio.
Las bañeras y duchas metálicas deben considerarse partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones , a menos que se instalen de forma que queden aisladas de la estructura y de otras partes metálicas del edificio.
Las bañeras y duchas metálicas pueden considerarse aisladas del edificio, si la resistencia de aislamiento entre el área de los baños y duchas y la estructura del edificio, medido de acuerdo con la norma UNE 20460-6-61, anexo A, es de como mínimo 100 Ω.

2.3. Elección e instalación de los materiales eléctricos
Tabla 1 (situada en la próxima página).

3. REQUISITOS PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES DE BAÑERAS DE HIDROMASAJE, CABINAS DE DUCHA CON CIRCUITOS ELÉCTRICOS Y APARATOS ANÁLOGOS

El hecho de que estos aparatos, en los espacios comprendidos entre la bañera y el suelo y las paredes y el techo de las cabinas y las paredes y techos del local donde se instalan, coexista equipo eléctrico tanto de baja tensión como de Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) con tuberías o depósitos de agua u otros líquidos, hace necesario que se requieran condiciones especiales de instalación.
En general todo equipo eléctrico, electrónico, telefónico o de telecomunicación incorporado en la cabina o bañera, incluyendo los alimentados a MBTS, deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 60335-2-60.
La conexión de las bañeras y cabinas se efectuará con cable con cubierta de características no menores que el de designación H05W-F o mediante cable bajo tubo aislante con conductores aislados de tensión asignada 450/750 V. Debe garantizarse que, una vez instalado el cable o tubo en la caja de conexiones de la bañera o cabina, el grado de protección mínimo que se obtiene sea IPx5.
Todas la cajas de conexión localizadas en paredes y suelos del local bajo la bañera o plato de ducha, o en las paredes o techos del local, situadas detrás de paredes o techos de una cabina por donde discurren tubos de la instalación eléctrica, un grado de protección mínimo IPx5. Para su apertura será necesario el uso de una herramienta.
No se admite empalmes en los cables y canalizaciones que discurran por los volúmenes determinados por dichas superficies salvo si estos se realizan con cajas que cumplan el requisito anterior.

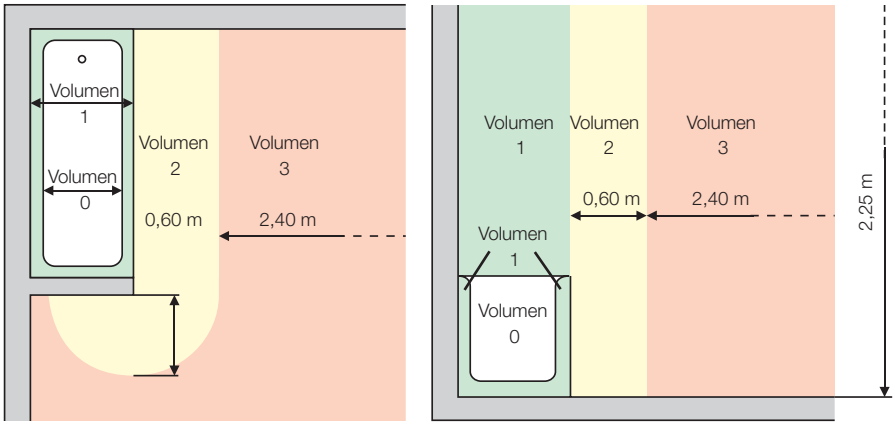
3.1. Elección e instalación de los materiales eléctricos

Tabla 1.

	Grado de protección	Cableado
Volumen 0	IPx7	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen
Volumen 1	IPx4 IPx2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPx5, en equipo eléctrico de bañeras de hidromasaje y en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos (1)	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volumenes 0 y 1
Volumen 2	IPx4 IPx2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPx5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos (1)	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volumenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha
Volumen 3	IPx5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos (1)	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volumenes 0, 1 y 2

4. FIGURAS DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS VOLÚMENES

Figura 1. Bañera



Mecanismos	Otros aparatos fijos (3)
No permitida	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen
No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a una tensión nominal de 12 V de valor eficaz en alterna o de 30 V en continua, estando la fuente de alimentacxión instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2	Aparatos alimentados a MBTS no superiores a 12 V CA 0 30 V CC Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20460-4-41
No permitida, con la excepción de interruptores o bases de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación este instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. Se permite también la instalación de bloques alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-6	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA, según la norma UNE 20460-4-41
Se permiten las bases solo si estan protegidas bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un interruptor automático de la alimentación con un dispositivo de protección por corriente diferencial de valor no superior a 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20460-4-41	Se permiten los aparatos sólo si están protegidos bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20460-4-41

Figura 2. Bañera con pared fija

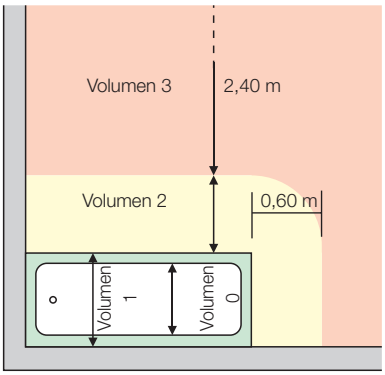
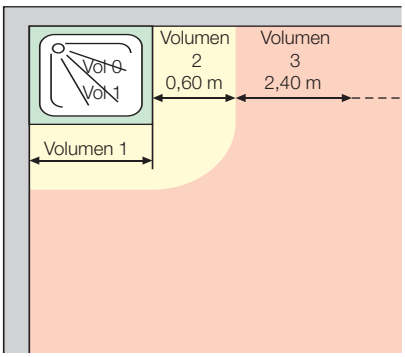


Figura 3. Ducha



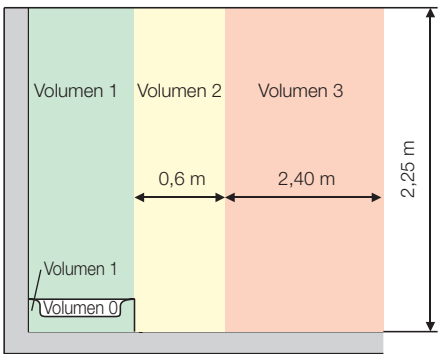


Figura 4. Ducha con pared fija

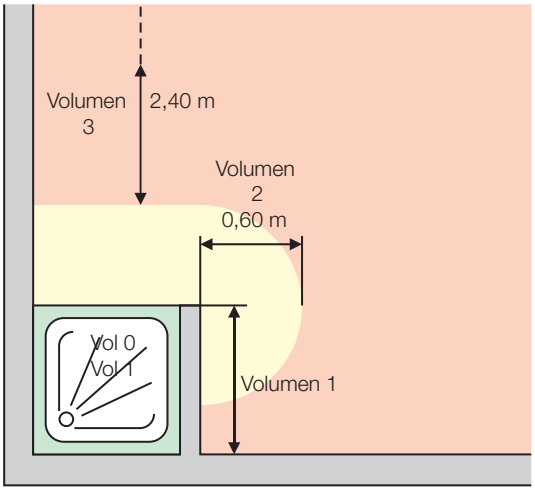


Figura 5. Ducha sin plato

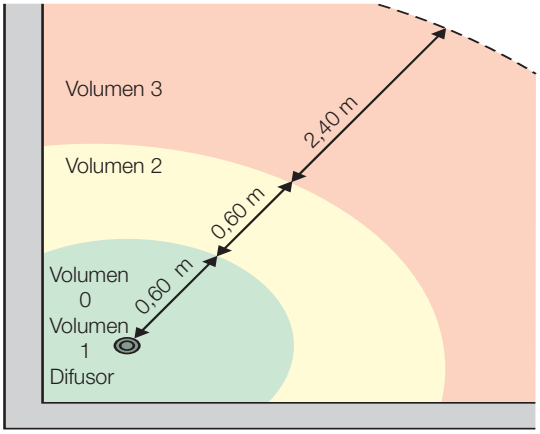
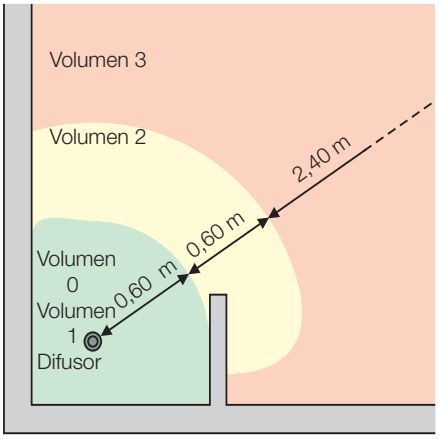


Figura 6. Ducha sin plato pero con pared fija, difusor fijo



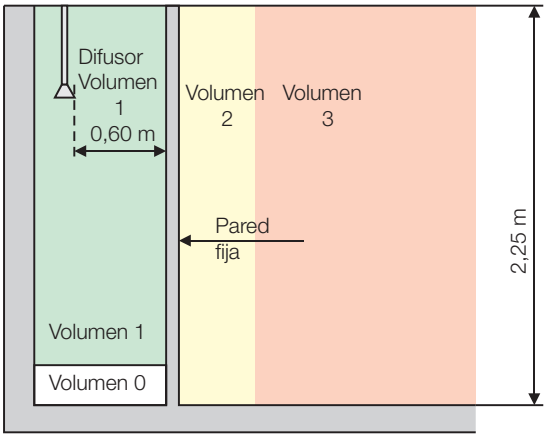
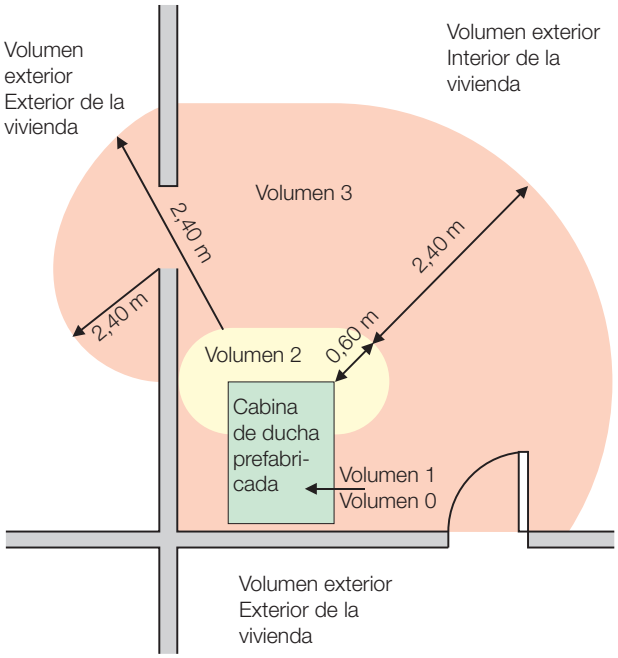


Figura 7. Cabina de ducha prefabricada



INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES. ITC-BT-30

1. INSTALACIONES EN LOCALES HÚMEDOS

Locales o emplazamientos húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentáneamente o permanentemente bajo la forma de consideración en el techo y paredes, manchas salinas o moho aún cuando no aparezcan gotas, ni el techo o paredes estén impregnados de agua. En estos locales o emplazamientos el material eléctrico cuando no se utilice muy bajas tensiones de seguridad, cumplirá con las siguientes condiciones:

1.1. Canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPx1). Este requisito lo deberán cumplir las canalizaciones prefabricadas.

1.1.1. Instalación de conductores y cables aislados en el interior de tubos

Los conductores tendrán un tensión de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos:

– Empotrados: según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-21.
– En superficie: según lo especificado en la ITC.BT-24, pero que dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 3.

1.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes
Se instalarán en superficie y las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

1.1.3. Instalación de cables aislados y armados con alambres galvanizados sin tubo protector
Los conductores tendrán una tensión asignada de 0,6/1 kV y discurrirán por:
– En el interior de huecos de la construcción.
– Fijado en superficie mediante dispositivos hidrófugos y aislantes.

1.2. Aparamenta
Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPx1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

1.3. Receptores de alumbrado y aparatos portátiles de alumbrado
Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra la caída vertical de agua, IPx1 y no será de Clase 0.
Los aparatos de alumbrado portátiles serán de Clase II, según la instrucción ITC-BT-43.

2. INSTALACIONES EN LOCALES MOJADOS

Locales o emplazamientos mojados son aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la consideración o bien estar cubiertos con vaho durante largos períodos. Se considerarán como locales o emplazamientos mojados los lavaderos públicos, las fábricas de apresto, tintorerías, etc.., así como las instalaciones a la intemperie. En estos locales o emplazamientos se cumplirán, además de las condiciones para locales húmedos del apartado 1, las siguientes:

2.1. Canalizaciones
Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPx4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPx4.

2.1.1. Instalaciones de conductores y cables aislados en el interior de tubos

Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos:
– Empotrados: según lo especificado en la ITC-BT-21.
– En superficie: según lo especificado en la TC-BT-21, pero que dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4.

2.1.2. Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes
Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de canales que se instalarán en superficie y las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.

2.2. Aparamenta
Se instalarán los aparatos de mando y protección y tomas de corriente fuera de estos locales. Cuando esto no se pueda cumplir, los citados aparatos serán, del tipo protegido contra las proyecciones de agua IPx4, o bien se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen un grado de protección equivalente.

2.3. Dispositivos de protección
De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-22, se instalará, en cualquier caso, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local mojado.

2.4. Aparatos móviles portátiles
Queda prohibido en estos locales la utilización de aparatos móviles o portátiles, excepto cuando se utilice como sistema de protección la separación de circuitos o empleo de muy bajas tensiones de seguridad, MBTS según la Instrucción ITC-BT-36.

2.5. Receptores de alumbrado
Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra las proyecciones de agua, IPx4. No serán de Clase 0.

6. INSTALACIONES EN LOCALES A MUY BAJA TEMPERATURA

Locales o emplazamientos a muy baja temperatura son aquellos donde pueden presentarse y mantenerse temperaturas ambientales inferiores a –20 ºC. Se considerarán como locales a temperatura muy baja las cámaras de congelación de las plantas frigoríficas. En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:
– El aislamiento y demás elementos de protección del material eléctrico utilizado, deberá ser tal que no sufre deterioro a la temperatura de utilización.
– Los aparatos eléctricos deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales.

9. INSTALACIONES EN OTROS LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

Cuando en los locales o emplazamientos donde se tengan que establecer instalaciones eléctricas concurran circunstancias especiales no especificadas en estas Instruc-

ciones y que puedan originar peligro para las personas o cosas, se tendrá en cuenta lo siguiente:
– Los equipos eléctricos deberán seleccionarse e instalarse en función de las influencias externas definidas en la Norma UNE 20460-3, a las que dichos materiales pueden estar sometidos de forma que garanticen su funcionamiento y la fiabilidad de las medidas de protección.
– Cuando un equipo no posea por su construcción, las características correspondientes a las influencias externas del local (o las derivadas de su ubicación), podrá utilizarse para la realización de la instalación, una protección complementaria adecuada. Esta protección no deberá perjudicar la condiciones de funcionamiento del material así protegido.
– Cuando se produzcan simultáneamente diferencias externas, sus efectos podrán ser independientes o influirse mutuamente, y los grados de protección deberán seleccionarse en consecuencia.

9.1. Clasificación de las influencias externas
La norma UNE 20460-3 establece una clasificación y una codificación de las influencias que deben ser tenidas en cuenta para el proyecto y la ejecución de las instalaciones eléctricas.

Esta codificación no está prevista para su utilización en el marcado de los equipos.

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES. PISCINAS Y FUENTES. ITC-BT-31

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta ITC trata de las descripciones de las instalaciones eléctricas de las piscinas, pediluvios y fuentes ornamentales.

2. PISCINAS Y PEDILUVIOS

2.1. Clasificación de los volúmenes
Se definen los volúmenes sobre los cuales se indican las medidas de protección que se enumeran en los apartados siguientes, como:
a) Zona 0: esta zona comprende el interior de los recipientes, incluyendo cualquier canal en las paredes o suelos, y los pediluvios o el interior de los inyectores de agua o cascadas.
b) Zona 1: esta zona esta limitada por:
– Zona 0.
– Un plano vertical a 2 m del borde del recipiente.
– El suelo o la superficie susceptible de ser ocupada por personas.
– El plano horizontal a 2,5 m por encima del suelo o la superficie.
Cuando la piscina contiene trampolines, bloques de salida de competición, toboganes u otros componentes susceptibles de ser ocupados por personas, la zona 1 comprende la zona limitada por:

– Un plano vertical situado a 1,5 m alrededor de los trampolines, bloques de salida de competición, toboganes y otros componentes tales como esculturas, recipientes decorativos.
– El plano horizontal situado a 2,5 m por encima de la superficie más alta destinada a ser ocupada por personas.
c) Zona 2: esta zona está limitada por:
– El plano vertical externo a la Zona 1 y el plano paralelo a 1,5 m del anterior.
– El suelo o superficie destinada a ser ocupada por personas y el plano horizontal situado a 2,5 m por encima del suelo o superficie.
No existe Zona 2 para fuentes. Ejemplos de estos volúmenes se indican en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5.
En las figuras 3 y 4 se representan dos ejemplos de como los parametros o muros aislantes modifican los volúmenes definidos en las figuras 1 y 2.
Los cuartos de máquinas, definidos como aquellos locales que tengan como mínimo un equipo eléctrico para el uso de la piscina, podrán estar ubicados en cualquier lugar, siempre y cuando sean inaccesibles para todas las personas no autorizadas.
Dichos locales cumplirán lo indicado en la ITC-BT-30 para locales húmedos o mojados, según correponda.

2.2. Prescripciones generales

Los equipos eléctricos (incluyendo canalizaciones, empalmes, conexiones, etc..) presentarán el grado de protección siguiente, de acuerdo con la UNE-20324:
– Zona 0.
IPx8.
– Zona 1.
IPx5.
IPx4, para piscinas en el interior de edificios que normalmente so se limpian con chorros de agua.
– Zona 2.
IPx2, par ubicaciones interiores.
IPx4, para ubicaciones exteriores.
IPx5, en aquellas localizaciones que puedan ser alcanzadas por los chorros de agua durante las operaciones de limpieza.
Cuando se usa MBTS, cualquiera que sea su tensión asignada, la protección contra los contactos directos debe proporcionarse mediante:
– Barreras o cubiertas que proporcionen un grado de protección mínimo IP2x o IPxxB, según UNE 20324.
– Un aislamiento capaz de soportar una tensión de ensayo de 500 V en corriente alterna, durante 1 minuto.
Las medidas de protección contra los contactos directos por medio de obstáculos o por puesta fuera de alcance por alejamiento, no son admisibles.
No se admitirán las medidas de protección contra contactos indirectos mediante locales no conductores ni por conexiones equipotenciales no conectadas a tierra.

Todos los elementos conductores de los volúmenes 0, 1 y 2 y los conductores de protección de todos los equipos con partes conductoras accesibles situados en esto volúmenes, deben conectarse a una conexión equipotencial suplementaria local. Las partes conductoras incluyen los suelos no aislados.
Con la excepción de las fuentes mencionadas en el capítulo siguiente, en las Zonas 0 y 1, solo se admite protección mediante MBTS a tensiones asignadas no superiores a 12 V en corriente alterna o 30 V en corriente continua. La fuente de alimentación de seguridad se instalará fuera de las zonas 0, 1 y 2.
En la Zona 2 y los equipos para uso en el interior de recipientes que solo estén destinados a funcionar cuando las personas están fuera de la Zona 0, deben alimentarse por circuitos protegidos:
– Bien por MBTS, con la fuente de alimentación de seguridad instalada fuera de las Zonas 0, 1 y 2.
– Bien por desconexión automática de la alimentación, mediante un interruptor diferencial de corriente máxima 30 mA.
– Por separación eléctrica cuya fuente de separación alimente un único elemento del equipo y que esté instalada fuera de la Zona 0, 1 y 2.
Las tomas de corriente de los circuitos que alimentan los equipos para uso en el interior de recipientes que solo estén destinados a funcionar cuando las personas están fuera de la Zona 0, así como el dispositivo de control de dichos equipos deben incorporar una señal de advertencia al usuario de que dicho equipo solo debe usarse cuando la piscina no estrá ocupada por personas.

2.2.1. Canalizaciones
En el volumen 0 ninguna canalización se encontrará en el interior de la piscina al alcance de los bañistas. No se instalarán líneas aéreas por encima de los volúmenes 0,1 y 2 o de cualquier estructura comprendida dentro de dichos volúmenes. En los volúmenes 0, 1 y 2, las canalizaciones no tendrán cubiertas metálicas acesibles. Las cubiertas metálicas no accesibles estarán unidas a una línea equipotencial suplementaria. Los cables y su instalación en los volúmenes 0, 1 y 2 serán de las características indicadas en la ITC-BT-30, para los locales mojados.

2.2.2. Cajas de conexión
En los volúmenes 0 y 1 no se admitirán cajas de conexión, salvo que en el volumen 1 se admitirán cajas para muy baja tensión de seguridad (MBTS) que deberán poseer un grado de protección IPx5 y ser de material aislante. Para su apertura será necesario el empleo de un útil o herramienta; su unión con los tubos de las canalizaciones debe conservar el grado de protección IPx5.

2.2.3. Luminarias

Las luminarias para uso en el agua o en contacto con el agua deben cumplir con la norma UNE-EN 60598-2-18.

Las luminarias colocadas bajo el agua en hornacinas o huecos detrás de una mirilla estanca y cuyo acceso solo sea posible por detrás deberán cumplir con la parte correspondiente de norma UNE-EN 60598 y se instalarán de forma que no pueda haber ningún contacto intencionado o no entre partes conductoras accesibles de la mirilla y partes metálicas de la luminaria, incluyendo su fijación.

2.2.4. Aparamenta y otros equipos

Elementos tales como interruptores, programadores, y bases de toma de corriente no deben instalarse en los volúmenes 0 y 1.

No obstante, para las piscinas pequeñas, en las que la instalación de bases de toma de corriente fuera del volumen 1 no sea posible, se admitirán bases de toma de corriente, preferentemente no metálicas, si se instalan fuera del alcance de la mano (al menos 1,25 m) a partir del límite del volumen 0 y al menos 0,3 metros por encima del suelo, estando protegidas, además por una de las medidas siguientes:

– Protegidas por MBTS, de tensión nominal no superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua, estando instalada la fuente de seguridad fuera de los volúmenes 0 y 1.

– Protegidas por corte automático de la alimentación mediante un dispositivo de protección por corte diferencial-residual de corriente nominal como máximo igual a 30 mA.

– Alimentación individual por separación eléctrica, estando la fuente de separación fuera de los volúmenes 0 y 1.

En el volumen 2 se podrán instalar bases de toma de corriente e interruptores siempre que estén protegidos por una de las siguientes medidas:

– MBTS, con la fuente de seguridad instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2 protegidas por corte automático de la alimentación mediante un dispositivo de protección por corte diferencia-residual de corriente nominal como máximo igual a 30 mA.

– Alimentación individual por separación eléctrica, estando la fuente de separación fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.

En los volúmenes 0 y 1 solo se podrán instalar equipos de uso específico en piscinas, si cumplen las prescripciones del capítulo 3 siguiente.

Los equipos destinados a utilizarse únicamente cuando las personas están fuera del volumen 0 se podrán colocar en cualquier volumen si se alimentan por circuitos protegidos por una de las siguientes formas:

– Bien por MBTS, con la fuente de alimentación de seguridad instalada fuera de las Zonas 0, 1 y 2.

– Bien por desconexión automática de la alimentación, mediante un interruptor diferencial de corriente máxima 30 mA.

– Por separación eléctrica cuya fuente de separación alimente un único elemento del equipos y que esté instalada fuera de la Zona 0, 1 y 2.
Las bombas eléctricas deberán cumplir lo indicado en UNE-EN 60385-2-41.
Los eventuales elementos calefactores eléctricos instalados debajo del suelo de la piscina se admiten si cumplen una de las siguientes condiciones:
– Estén protegidos por MBTS, estando la fuente de seguridad instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
– Están blindados por una malla o cubierta metálica puesta a tierra o unida a la línea equipotencial suplementaria mencionada en el apartado 2.2.1. y que sus circuitos de alimentación estén protegidos por un dispositivo de corriente diferencial-residual de corriente nominal como máximo de 30 mA.

3. FUENTES

En las fuentes se diferencian sólo dos volúmenes 0 y 1 tal como se decribe en la figura 5.

3.1. Requisitos del volumen 0 y 1 de las fuentes

Se deberán emplear una de las siguientes medidas de protección:
– Protección mediante (MBTS) muy baja tensión de seguridad hasta un valor de 12 V en corriente alterna o 30 V en corriente continua. La protección contra el contacto directo debe estar asegurada.
– Corte automático mediante dispositivo de protección por corriente diferencial-residual asignada no superior a 30 mA.
– Separación eléctrica mediante fuente situada fuera del volumen 0.
Para poder cumplir las medidas de protección anteriores, se requiere además que:
– El equipo eléctrico sea inaccesible, por ejemplo, por rejillas que sólo puedan retirarse mediante herramientas apropiadas.
– Se utilicen sólo equipos de clase I o III o especialmente diseñados para fuentes.
– Las luminarias cumplan lo indicado de la norma UNE-EN 60598-2-18
– Las bases de enchufe no están permitidas en estos volúmenes.
– Las bombas eléctricas cumplan lo indicado en la norma UNE-EN 60335-2-41.

3.2. Conexión equipotencial suplementaria

En los volúmenes 0 y 1 deben instalarse una conexión equipotencial suplementaria local. Todas las partes conductoras accesibles de tamaño apreciable, por ejemplo: surtidores, elementos metálicos y sistemas de tuberías metálicas deberán estar interconectadas conductivamente por un conductor de conexión equipotencial.

3.3. Protección contra la penetración del agua en los equipos eléctricos

Los equipos eléctricos deberán tener un grado de protección mínimo contra la penetración del agua, según:
– Volumen 0 IPx8.
– Volumen 1 IPx5.

3.4. Canalizaciones

Los cables resistirán permanentemente los efectos ambientales en el lugar de la instalación.
En los volúmenes 0 y 1 sólo se permiten aquellos cables necesarios para alimentar al equipo receptor permanentemente instalado en estas zonas.
Los cables para el equipo eléctrico en el volumen 0 deben instalarse lo más lejos posible del borde de la pileta.
En los volúmenes 0 y 1 los cables y su instalación serán de las características indicadas en la ITC-BT-30, para locales mojados y los cables deberán colocarse mecánicamente protegidos en el interior de canalizaciones que cumplan la resistencia al impacto, código 5, según UNE-50086-1.

4. PRESCRIPCIONES PARTICULARES DE EQUIPOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN INSTALADOS EN EL VOLUMEN 1 DE LAS PISCINAS Y OTROS BAÑOS

Los equipos eléctricos fijos especialmente distinados a ser utilizados en las piscinas y otros baños (por ejemplo equipos de filtrado, contracorrientes, etc.) alimentados en baja tensión, que no sea MBTS, límitada a 12 V en corriente alterna o 30 V en corriente continua, se admiten en el volumen 1, siempre que cumplan los siguientes requisitos:
a) Los equipos eléctricos deberán estar situados en un recinto cuyo aislamiento sea equivalente a un aislamiento suplementario y con una protección mecánica AG2 (choques medios), según UNE 20460-3.
b) Los equipos eléctricos no deben ser accesibles más que por un registro (o puerta), por medio de llave o útil. La apertura del registro (o de la puerta) debe cortar todos los conductores activos de los equipos. La instalación del dispositivo de seccionamiento y la entrada del cable debe ser de clase II o tener una protección equivalente.
c) Cuando el registro (o puerta) esté abierta, el grado de protección para los equipos eléctricos debe ser almenos IPxxB según UNE 20324.
d) La alimentación de estos equipos estará protegida:
– Bien por MBTS con una tensión asignada no superior a 25 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua, siempre que la fuente de alimentación de seguridad esté situada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
– Por separación eléctrica, cuya fuente de separación esté instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.
Para las piscinas pequeñas donde no es posible instalar luminarias fuera del volumen 1, su instalación se admite a 1,25 m a partir del borde del volumen 0 y estarán protegidas:
– Bien por MBTS.
– Bien por un dispositivo de corte diferencial como máximo de 30 mA.

– Bien por separación eléctrica, cuya fuente de separación esté instalada fuera de los volúmenes 0 y 1.
Además las luminarias deben poseer una envolvente con un aislamiento de clase II o similar y protección a los choques AG2 (choques medios) según UNE 20460-3.

Figura 1. Dimensiones de los volúmenes para depósitos de piscinas y pediluvios

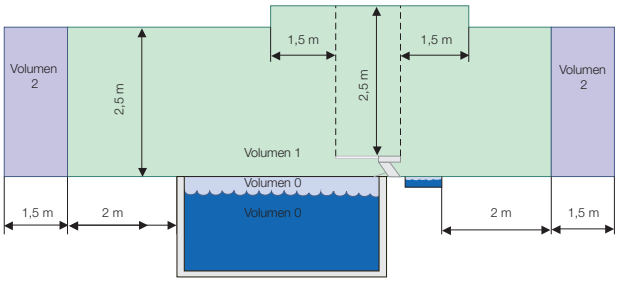


Figura 2. Dimensiones de los volúmenes para depósitos por encima del suelo

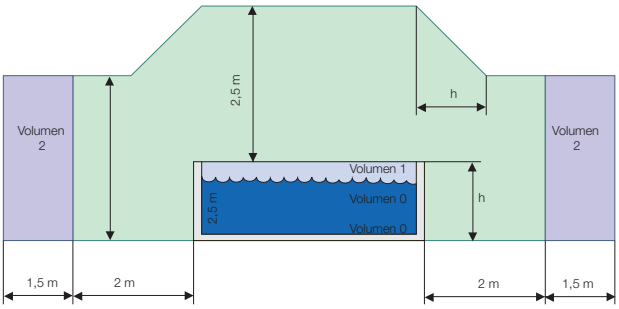


Figura 3. Dimensiones de protección en piscinas con paredes de altura mínima 2,5 m

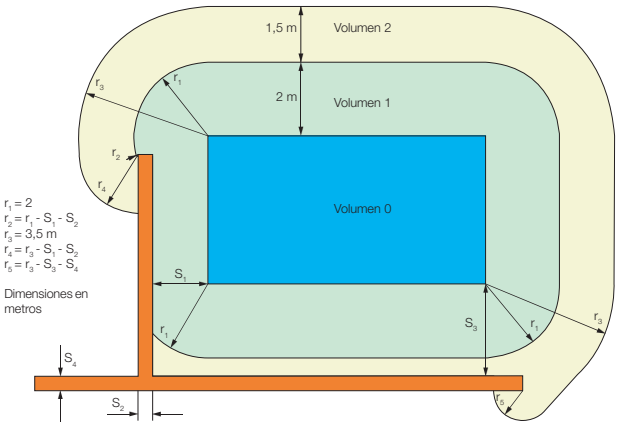


Figura 4. Volúmenes de protección en piscinas con paredes

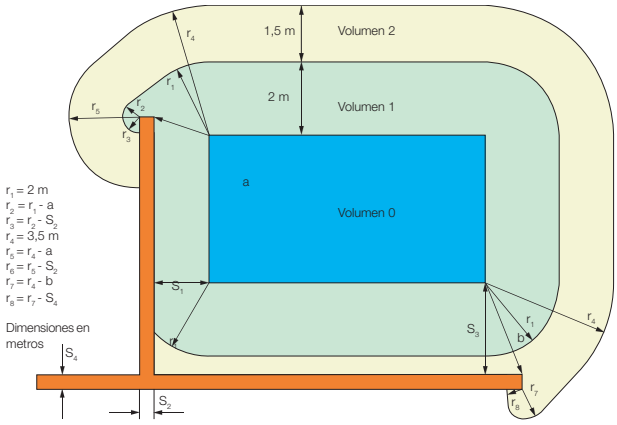
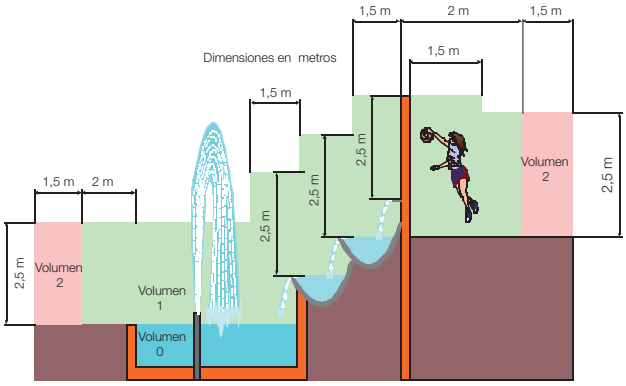


Figura 5. Volúmenes de protección en fuentes



INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN PUERTOS Y MARINAS PARA BARCOS DE RECREO. ITC-BT-42

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de la presente instrucción se aplican a las instalaciones eléctricas de puertos y marinas, para la alimentación de los barcos de recreo.

Los receptores que se utilicen en dichas instalaciones cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se excluye de este campo de aplicación aquellas embarcaciones afectadas por la Directiva 94/25/CEE.

A los efectos de la presente instrucción se entiende como barco de recreo toda unidad flotante utilizada exclusivamente para los deportes y el ocio, tales como barcos, yates, casas flotantes, etc. Así mismo se entiende como puerto marino, todo aquel malecón escollera o pontón flotante apropiado para el fondeo o amarre de barcos de recreo.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las instalaciones eléctricas de puertos y barcos de recreo deben estar dispuestas y los materiales seleccionados, de forma que ninguna persona pueda estar expuesta a peligros y que no exista riesgo de incendio ni explosión.
Con carácter general, la tensión asignada de las instalaciones que alimentan a los barcos de recreo no debe ser superior a 230 V en corriente alterna monofásica.
Excepcionalmente se podrán alimentar con corriente alterna trifásica a 400 V aquellos barcos o yates de gran consumo eléctrico.

3. PROTECCIONES DE SEGURIDAD

Las protecciones contra contactos directos e indirectos serán conformes a lo establecido en la ITC-BT-24, con las siguientes consideraciones:

3.1. Protección por Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)
Cuando se utilice Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS), la protección contra los contactos directos debe estar asegurada, cualquiera que sea la tensión asignada, por un aislamiento que pueda soportar un ensayo dieléctrico de 500 V durante un minuto.

3.2. Protección por corte automático de la alimentación
Cualquiera que sea el esquema utilizado, la protección debe estar asegurada por un dispositivo de corte diferencial-residual. En el caso de un esquema TN, se utilizará sólo la variante TN-S.

3.3. Aplicación de las medidas de protección contra los choques eléctricos
3.3.1. Protección por obstáculos
No se admiten las medidas de protección por obstáculos ni por puesta fuera del alcance.

3.3.2. Protección contra contactos indirectos
Contra los contactos indirectos en locales no conductores no son admitidas las conexiones equipotenciales no unidas a tierra.

4. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

4.1. Generalidades
Los equipos eléctricos deberán poseer al menos, el grado de protección IPx6, según UNE-20324, salvo si están encerrados en un armario que tenga este grado de protección y no pueda abrirse sin el empleo de herramientas o útiles específicos.

4.2. Canalizaciones
En los puertos y marinas deben utilizarse algunas de las canalizaciones siguientes:
a) Cables con conductores de cobre con aislamiento y cubierta dentro de:
– Conductos flexibles no metálicos.
– Conductos no metálicos rígidos de resistencia elevada.
– Conductos galvanizados de resistencia media o elevada.

b) Cables con aislamiento mineral y cubierta de protección de PVC.
c) Cables con armadura y cubierta de material termoplástico o elastómero
d) Otros cables y materiales, con protecciones mecánicas superiores a los citados.
No se utilizará ningún tipo de línea aérea para la alimentación de las instalaciones flotantes o escolleras.
En canalizaciones que se prevea que puedan estar en contacto con el agua, los cables a utilizar serán conformes a la norma UNE 21166 o UNE 21027-16, según la tensión asignada del cable.

4.3. Aparamenta

4.3.1. Cuadros de distribución

Los cuadros de distribución de los puertos y marinas estarán situados lo más cercas posible de los amarres a alimentar. Los cuadros de distribución y las bases toma de corriente asociadas colocadas sobre las instalaciones flotantes o escolleras (pantanales) estarán fijados a 1 metro por encima de las aceras o pasarelas. Esta distancia puede ser reducida a 0,3 m si se toman medidas complementarias de protección.
Los cuadros de distribución deberán incorporar, para cada punto de amarre, una base de toma de corriente.

4.3.2. Bases de tomas de corriente

Salvo para los casos excepcionales referidos en el apartado 2, las bases de toma de corriente deberán ser de uno de los tipos establecidos en la norma UNE-EN 60309 con las característica siguientes:
– Tensión asignada: 230 V.
– Intensidad asignada: 16 A.
– Números de polos: 2 y toma tierra.
– Grado de protección: IPx6.
Cada base de toma de corriente debe estar protegida con un dispositivo individual contra sobreintensidades mayores o iguales a 16 A.
Las bases de toma de corriente deberán estar protegidas por un dispositivo de corriente diferencial-residual no mayor a 30 mA. Un mismo dispositivo no debe proteger más de una base de toma de corriente.
Las tomas de corriente deberán estar protegidas por un dispositivo de corriente diferencial-residual no mayor a 30 mA. Un mismo dispositivo no debe proteger más de una base de toma de corriente.
Las tomas de corriente dispuestas sobre la misma escollera o pantalán deberán estar realizadas sobre la misma fase, a menos que estén alimentadas por medio de transformadores de separación.

4.3.3. Conexión a los barcos de recreo

El dispositivo de conexión a los barcos de recreo estarán compuestos por:

– Una clavija con contacto unido al conductor de protección y de acuerdo con las características indicadas en el apartado 4.3.2.
– Un cable flexible tipo H07RN-F, unido de forma estable al barco de recreo mediante un conector, de acuerdo con las características indicadas en el apartado 4.3.2.
La longitud de los cables no debe ser superior a 25 m. El cable no debe tener ninguna conexión intermedia o empalme en toda su longitud.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOCALES QUE CONTIENEN RADIADORES PARA SAUNAS. ITC-BT-50

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente Instrucción es determinar los requisitos de instalación de los equipos eléctricos en locales que contienen radiadores para saunas.

2. CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

Las prescripciones particulares para la instalación de los equipos eléctricos en locales que contienen radiadores para saunas son las establecidas en la norma UNE 20460-7-703.
(Ver apartado 4.5. “Prescripciones particulares para instalaciones eléctricas en locales que ubican radiadores para saunas”, página L/187).

6.3. Instalaciones eléctricas en viviendas

6.3.1. Instalaciones eléctricas en viviendas individuales

6.3.1.1. Los puntos importantes de una instalación eléctrica

Reglas generales

■ Conformidad de los materiales a normas.
■ Indices de protección de materiales para la adaptación de los locales o al emplazamiento.

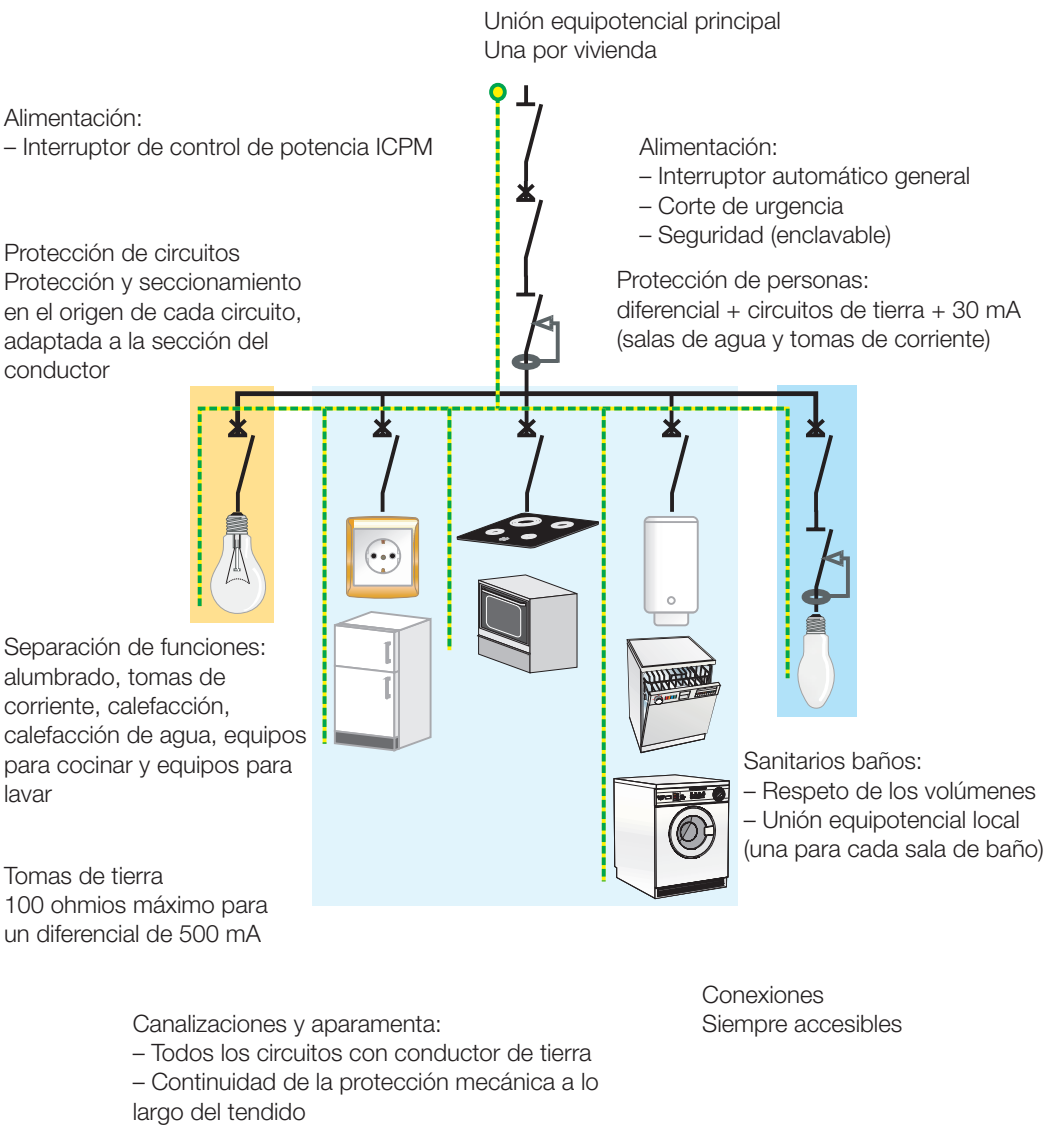


Fig. L6.3-001: *diagrama general de cargas de una vivienda.*

6.3.1.2. Las previsiones de instalación en viviendas individuales

ITC-BT-25 "Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características."

Grado de electrificación

La electrificación de las viviendas se realizará según el apartado 4.5. "Previsión de la potencia en las viviendas, locales comerciales e industrias", página B/71 del 1.er Volumen, correspondiente a la ITC-BT-10 que especifica un grado mínimo de electrificación denominado "Electrificación básica" (5.750 W a 230 V) y un grado de electrificación para viviendas con mayor consumo denominado "Electrificación elevada" de como mínimo 9.200 W a 230 V. Se diferencian en la posibilidad de conectar mayor o menor número de cargas y, por tanto, en el número de circuitos y la potencia total instalada. Para viviendas de 160 m^2 o superiores se contratará la electrificación elevada.

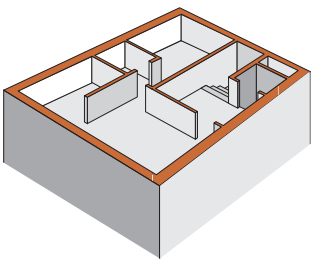


Fig. L6.3-002: *viviendas con electrificación básica.*

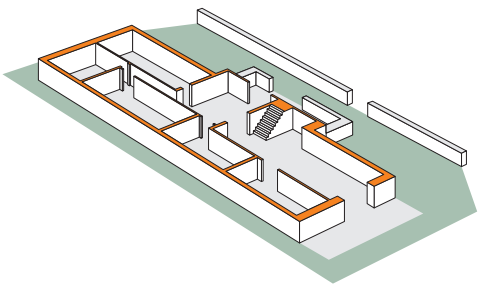


Fig. L6.3-003: *viviendas con electrificación elevada.*

ITC-BT-26 "Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación."

Características de la instalación

■ La instalación eléctrica de una vivienda empieza en los bornes de salida del interruptor de control de potencia ICPM. Cada vivienda solamente posee un ICPM alimentado por una sola acometida y unidad de medida.
■ La frecuencia de la red es de 50 Hz.
■ La tensión de la red:

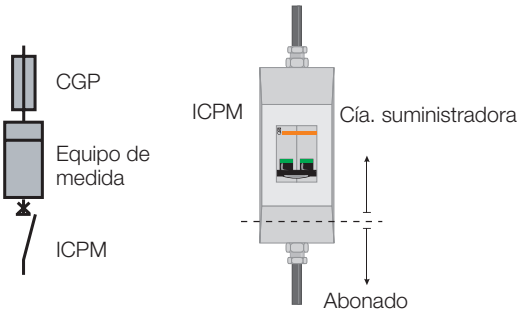


Fig. L6.3-004: *inicio de la responsabilidad del abonado en una instalación.*

□ Las viviendas de nueva construcción son alimentadas, generalmente, con un circuito monofásico a 230 V (entre fase y neutro). Hasta una potencia de 5.750 W y podrán ser monofásicos hasta una potencia de 14.490 W.
□ En ciertos casos y en función del grado de electrificación es conveniente una alimentación en trifásico 230/400 V, a partir de los 14.490 W, y podrán serlo a partir de 5.750 W. No obstante cualquier acuerdo entre la Cía. suministradora y el cliente se puede regularizar.
□ La alimentación monofásica es la más adaptada a los suministros domésticos individualizados de la actualidad; en el momento que la función de cocinar, calentar agua y la de climatizar se realicen con energía eléctrica, los suministros trifásicos se incrementarán.

Nota: A medida que la energía obtenida de carburantes se extinga por agotamiento de los recursos, la energía eléctrica se convertirá en la preponderante y las alimentaciones en circuitos trifásicos serán una normalidad.

□ Los suministros para servicios colectivos de bloques de viviendas acostumbran a ser trifásicos para poder alimentar los motores de los ascensores y montacargas.
■ El régimen de neutro de la red:
□ En España la red pública de distribución en baja tensión es de régimen TT, pero en casos especiales puede adoptarse otro régimen de neutro, que deberá ser autorizado por la autoridad competente, y en otros es obligatorio un régimen IT de alimentación local, por ejemplo quirófanos, unidades de vigilancia intensiva...

La acometida y el cuadro de contaje

En el capítulo D "La cometida en BT" encontraremos los apartados 3. "La caja general de protección (CGP)", página D/53, 4. "Los equipos de protección y medida", página D/71 y 5. "Cálculo de las acometidas", página D/111, del 1.er Volumen, que nos indicarán las soluciones adecuadas.

ITC-BT-17 "Instalaciones de enlace. Dispositivos generales individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia."

Interruptor general de protección magnetotérmica (ICPM)

■ El interruptor general de protección debemos dimensionarlo en función de la potencia contratada.
■ Quedan fijadas sus características en función de la contratación entre el usuario y la compañía suministradora del fluido.
■ Su función es exclusivamente la del control de la intensidad máxima de consumo, en concordancia a la potencia contratada y deberá estar homologado y verificado por los entes autorizados en cada comunidad autónoma.
■ Debe ubicarse en un espacio individual y precintable, tanto si se sitúa dentro o fuera del cuadro general, a una distancia del suelo entre 1,4 y 2 metros.
■ La envolvente del ICPM deberá responder a las prescripciones de la norma UNE 20451 y UNE-EN 20439-3, a un grado de protección IP30 e IK07 como mínimo y deberá estar en concordancia con el ambiente del entorno.
■ El ICPM, al ser un aparato de desconexión por máxima intensidad magnetotérmico, puede desconectar en el momento de producirse un cortocircuito, por tanto su capacidad de corte en cortocircuito debe corresponderse a la intensidad de cortocircuito de la red en el punto de su instalación. Ver Tabla H2-3-056: tabla de características generales de los interruptores automáticos Clario, página H2/96 del 2.° Volumen.

Cuadro general de mando y control

■ Deberán ubicar todos los interruptores generales de protección, mando, seccionamiento y control.
■ Si deseamos incorporar el interruptor de control de potencia magnetotérmico ICPM deberemos alojarlo en una cavidad individual precintable.
■ La envolvente deberá responder a las prescripciones de la norma UNE 20451 y UNE-EN 20439-3, a un grado de protección IP30 e IK07 como mínimo y deberá estar en concordancia con el ambiente del entorno.
■ Su situación deberá disponer de la máxima accesibilidad junto a la puerta de entrada de la vivienda, a una distancia del suelo entre 1,4 y 2 metros.

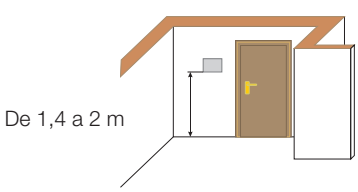


Fig. L6.3-005: *situación del cuadro general de control y distribución.*

Si pretendemos situarlo en el garaje éste deberá disponer de acceso directo desde la vivienda.



Fig. L6.3-006: *situación del cuadro general en el garaje.*

El cableado del cuadro

■ Los conductores activos y de protección serán de cobre, aislados para una tensión asignada de 450/750 V como mínimo.

■ Las secciones se calcularán de conformidad al apartado 3.2. "Determinación práctica de la sección mínima de una conducción", página H1/74 del 2.° Volumen, que coordina con la ITC-BT-25.

■ El método de cableado acostumbra a ser varios conductores al aire y agrupados (atados) entre sí: tipo de referencia (F). Ver apartado "Métodos de instalación", página F/220 del 1.er Volumen.

■ La intensidad máxima admisible se refleja en la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er volumen.

■ Identificación de conductores:

□ Los conductores deben identificarse de conformidad al circuito al que pertenecen.

□ El instalador deberá facilitar un esquema de la instalación en el que quede reflejada la identificación de los conductores.

□ El esquema de la instalación o una copia deberá situarse en el cuadro general.

□ La identificación de los conductores activos y de protección se realizará utilizando diversos colores en el aislamiento.

□ Circuitos monofásicos:

– Conductor de fase: color negro o marrón.
– Conductor neutro: color azul claro.
– Conductor de protección: color verde-amarillo.

□ Circuitos trifásicos:

– Conductor de fase: color negro, marrón y gris.
– Conductor neutro: color azul claro.
– Conductor de protección: color verde-amarillo.

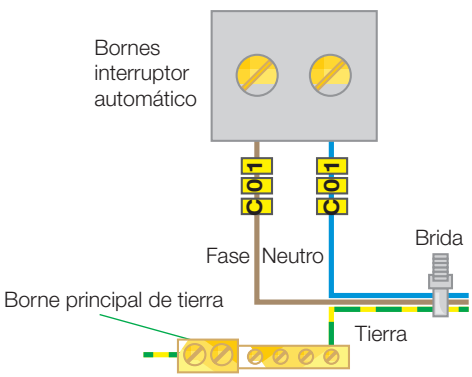
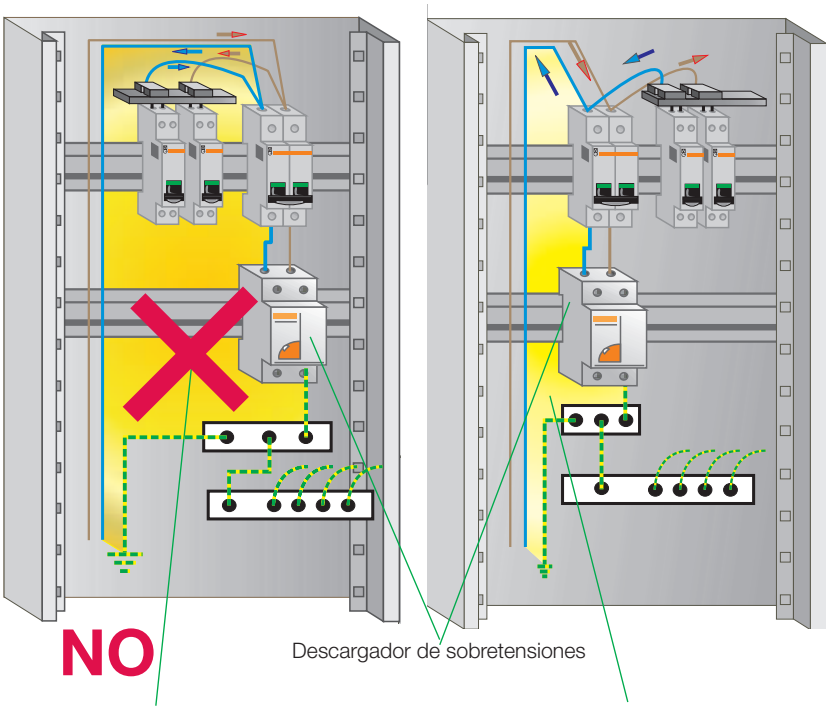


Fig. L6.3-007: *identificación de los conductores.*

□ La instalación de pararrayos (descargadores de sobretensión) en los cuadros debe efectuarse de conformidad al apartado “Ejemplo de instalación de limitadores de sobretensiones en los cuadros”, página H2/262 del 2.º Volumen. No obstante procuraremos mantener un bucle de corriente fuerte, lo más reducido posible y un bucle de corriente débil lo más separado posible del de corriente fuerte.



Nota: En el momento de derivar una sobretensión a tierra también derivamos la punta de intensidad (corriente fuerte, varios kA) que acompaña a la sobretensión, produciendo un campo eléctrico que por inducción afecta a los demás conductores, creando interferencias en los circuitos de corrientes débiles.

Fig. L6.3-008: *situación de las corrientes fuertes y las débiles.*

Los bornes del cuadro

■ La salida del ICPM deberá conectarse a una regleta de bornes con cabida para la fase el neutro y otra regleta para el conductor de protección.

■ Las regletas de bornes deben estar protegidas contra los contactos directos, y si son del tipo de apriete por rosca deben llevar arandelas antideslizantes (de bloqueo de la rosca para superar las vibraciones o dilataciones).

Los conductores de sección superior a 6 mm^2 deberán conectarse con terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

■ El par de apriete corresponderá al de la Tabla L6.3-009 de la página siguiente:

I) Se aplica a los tornillos sin cabeza que, cuando se aprietan, no sobresalen de su alojamiento y a los demás tornillos que no pueden apretarse mediante un destornillador que tenga una pala más ancha que el diámetro de la cabeza del tornillo.

II) Se aplica a las tuercas y a los tornillos que se aprietan mediante un destornillador.

III) Se aplica a las tuercas y a los tornillos que pueden apretarse por medios distintos del destornillador.

Par de apriete de los bornes a tornillo					
∅ del tornillo (mm)			Par de apriete (N.m)		
∅ nominales métrico	Gama ∅ de	hasta (in)	I	II	III
2,5	⩾ 2,8		0,2	0,4	0,4
3	> 2,8	3	0,25	0,5	0,5
-	> 3	3,2	0,3	0,6	0,6
3,5	> 3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
4	> 3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,5	> 4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
5	> 4,7	5,3	0,8	2	2
6	> 5,3	6	1,2	2,5	3
8	> 6	8	2,5	3,5	6
10	> 8	10	-	4	10
12	> 10	12	-	-	14
14	> 12	14	-	-	19
16	> 15	20	-	-	25
20	> 20	24	-	-	36
24	> 24		-	-	50

Tabla L6.3-009: *pares de apriete de los bornes.*

■ La aparamenta se situará en posición vertical tanto para facilitar su funcionamiento, ventilación, como para la salida de los gases ionizados.
■ La aparamenta que por su función genera la ionización del aire (interruptores automáticos, contactores, relés, etc.) deberá situarse de forma que la salida de gases no pueda alterar la rigidez dieléctrica de la instalación.

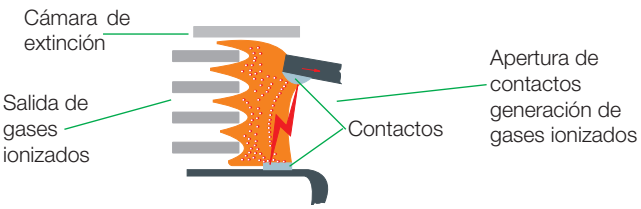


Fig. L6.3-010: *conducción de los gases ionizados al exterior del cuadro.*

El interruptor general seccionador (corte de seguridad de la alimentación):
■ Un interruptor general automático con protección contra sobreintensidades y cortacircuitos, capaz de cumplir las condiciones de seccionamiento de seguridad, deberá situarse en cabecera de la instalación aguas abajo del ICPM.
■ El interruptor automático será manual y de corte omnipolar:
□ Tres fase + neutro en régimen TT, TN-S o IT.
□ Tres fases en régimen TN-C; en este régimen el neutro, que a la vez es el conductor de protección, solamente se podrá separar de la red por medio de una herramienta (normalmente se utiliza un puente de pletina atornillado por los extremos).

Posibilidad de separación de la alimentación
■ Según la ITC-BT-19 los interruptores con separación de contactos superiores a 3 mm o con un nivel de seguridad equivalente cumplen las condiciones de seccionamiento.
■ Según la IEC 20947-1 y la UNE-EN 20947-1, apartado 7.1.6. “Prescripciones suplementarias de seguridad para los materiales aptos al seccionamiento”, los materiales aptos para el seccionamiento deben asegurar, en posición de abierto, el ensayo a la rigidez dieléctrica propio de los seccionadores (específico para cada material) y los contactos móviles deben estar unidos a un dispositivo mecá-

nico que indiquen, al manipulador, la posición real de los mismos, en caso que éstos no sean visibles desde la posición del manipulador.

■ En el apartado 2.7. "Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando", página L/73, basadas en el espíritu del documento IEC HD 384-4-46 S1 y la UNE 20460-4-46 de 1990, y en el apartado 3.3.1. "Disposiciones comunes a toda la aparamenta", página L/125. Encontrará la información necesaria.

En realidad, un dispositivo de corte general de la alimentación debe ser un dispositivo que imparta seguridad y confianza al usuario para poder manipular aguas abajo del mismo. Pero siempre es aconsejable la comprobación del corte con un tester y la posibilidad de enclavamiento en la posición de abierto del aparato para que nadie, involuntariamente o por ignorancia, pueda actuarlo cuando se está manipulando aguas abajo.

■ De los dispositivos de aseguramiento de la seguridad, especificados por la normas UNE; para el caso de los cuadros generales de la vivienda, el más asequible es el de enclavamiento por candado.



Fig. L6.3-011: *aseguramiento del seccionamiento.*

ITC-BT-25 "Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características."
ITC-BT-19 "Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales."
ITC-BT-20 "Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación."

Posibilidad de conectar y desconectar en carga

Su capacidad de corte en cortocircuito debe corresponderse a la intensidad de cortocircuito de la red en el punto de su instalación. Ver Tabla H2-3-056: características eléctricas de los interruptores automáticos Clario", página H2/96 del 2.° Volumen.

Circuitos que deben salir del cuadro general

En electrificación básica:

■ La intensidad la calcularemos según indica la ITC-BT-25.

■ El valor de la intensidad de corriente prevista en cada circuito se calculará de acuerdo con la fórmula:

$$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$$

Donde:

N = n.º de tomas de receptores.

I_a = Intensidad prevista por toma o receptor.

F_s (factor de simultaneidad) = Relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total.

F_u (factor de utilización) = Factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor.

■ Los dispositivos automáticos de protección, tanto para el valor de la intensidad asignada como para la intensidad máxima de cortocircuito, se corresponderá con la intensidad admisible del circuito y la de cortocircuito en este punto respectivamente.

■ La sección de los conductores en las instalaciones, por prescripción general de este reglamento, las definiremos según la ITC-BT-19 (ver Tablas F7-132 hasta la

F7-141 de las páginas F/257 hasta la F/263 del 1.er Volumen), pero en esta instrucción tiene una definición propia de mínimos.

■ La sección de los conductores será como mínimo la indicada en la Tabla 1 de la ITC-BT-25, y además estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo el 3%.

C_1. Circuito de distribución interna destinado a alimentar los puntos de iluminación

■ La ITC-BT-25 prevé que el circuito pueda alimentar 30 puntos luz de 200 W a 230 V con un factor de simultaneidad F_s = 0,75 y un factor de utilización F_u = 0,5, esto representa una intensidad de:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{39 \text{ ud} \cdot 200 \text{ W} \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}5}{230 \text{ V} \cdot 0{,}92} = 10{,}63 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 10 o 16 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

■ Para poder dimensionar la curva y el calibre del interruptor deberemos conocer la naturaleza de las fuentes luminosas, el factor de potencia y la punta de conexión de las mismas; para ello ver el capítulo J, apartado 20 "Aparamenta para circuitos de alumbrado", página J/927 del 3.er Volumen o las Tablas B3-010 a B3-018 de las páginas B/47 a B/64 del 1.er Volumen.

■ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 10 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de 1,5 mm^2.

■ Si colocamos un interruptor de 10 A podemos instalar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 1,5 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen 12,5 A.

■ Si colocamos un interruptor de 16 A podemos instalar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 2,5 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen 17 A.

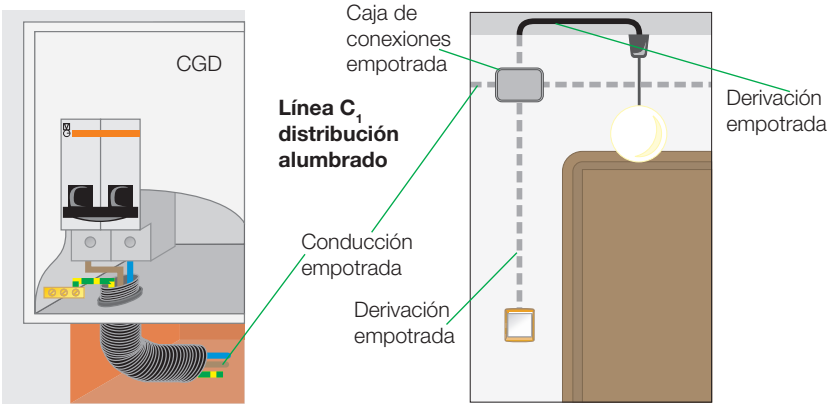


Fig. L6.3-012: *C_1. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación.*

Nos podemos encontrar con diferentes fuentes luminosas que necesiten tratamientos diferentes:

a) Puntos luz incandescentes, alimentados a través de un interruptor o conmutador que realice la función de encendido y apagado.

b) Punto luz que a través de una toma de corriente, toma la tensión y dispone de un interruptor que alimenta la toma de corriente o bien de un interruptor incorporado en el mismo punto luz que permite realizar la función de encendido y apagado. Puede ser que este punto luz esté equipado con un regulador de la onda senoidal y consecuentemente del flujo luminoso emitido.
No tiene mayor importancia que la de tener en cuenta los armónicos que pueda generar para su compensación; en algunos tipos puede llegar hasta una tasa del 100% (THDI = 100%).
c) Puntos luz con lámparas a tensiones de 12 V alimentadas a través de transformadores de tensión, de aislamiento o no, o bien con equipos electrónicos de reducción de tensión. Independientemente de la tasa de armónicos que puedan generar estos equipos, deberemos tener en consideración que el secundario del circuito (el de 12 V) deberemos proveerlo de una unión equipotencial local, conectada al borne principal de puesta a tierra, y alimentados a través de un interruptor o conmutador se realice la función de encendido y apagado.
d) Puntos luz con lámparas o tubos de descarga con balastos electrónicos, alimentados a través de un interruptor o conmutador que realice la función de encendido y apagado. No tiene mayor importancia que la de tener en cuenta los armónicos que pueda generar para su compensación; en algunos tipos puede llegar hasta una tasa de 40% (THDI = 40%).
e) Puntos luz con lámparas o tubos de descarga con balastos electromagnéticos, alimentados a través de un interruptor o conmutador que realice la función de encendido y apagado. No tiene mayor importancia que la de tener en cuenta el factor de potencia, que puede ser del orden del 0,5 (cos φ = 0,5) y los armónicos que pueda generar para su compensación; en algunos tipos puede llegar hasta una tasa de 37% (THDI = 37%).

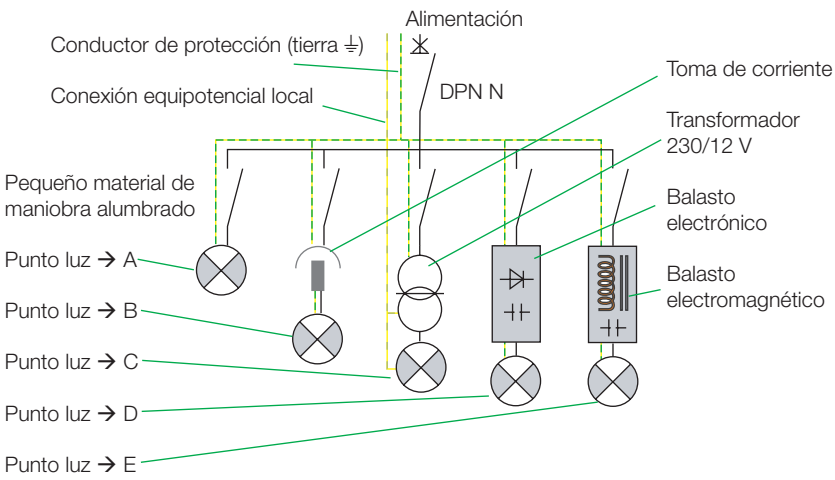


Fig. L6.3-013: *C_1. Naturaleza de los puntos luz y su tratamiento.*

C_2. Circuito de distribución interna destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico

La ITC-BT-25 prevé que el circuito pueda alimentar 20 tomas de corriente de 16 A 2p + T de 3.450 W a 230 V con un factor de simultaneidad de F_s = 0,2 y un factor de utilización de F_u = 0,25, esto representa una intensidad de:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{20 \text{ ud} \cdot 3.450 \text{ W} \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}25}{230 \text{ V} \cdot 0{,}92} = 16{,}30 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 16 o 20 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

■ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 16 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de 2,5 mm^2.

■ Si colocamos un interruptor de 16 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 2,5 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 17 A.

■ Si colocamos un interruptor de 20 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 4 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 22 A.

Pero el punto más débil de la instalación es la conexión de los albeolos de las bases de toma de corriente y un interruptor automático de 20 A no garantiza la protección de las bases de 16 A, las cuales deberían de sustituirse por bases de 25 A.

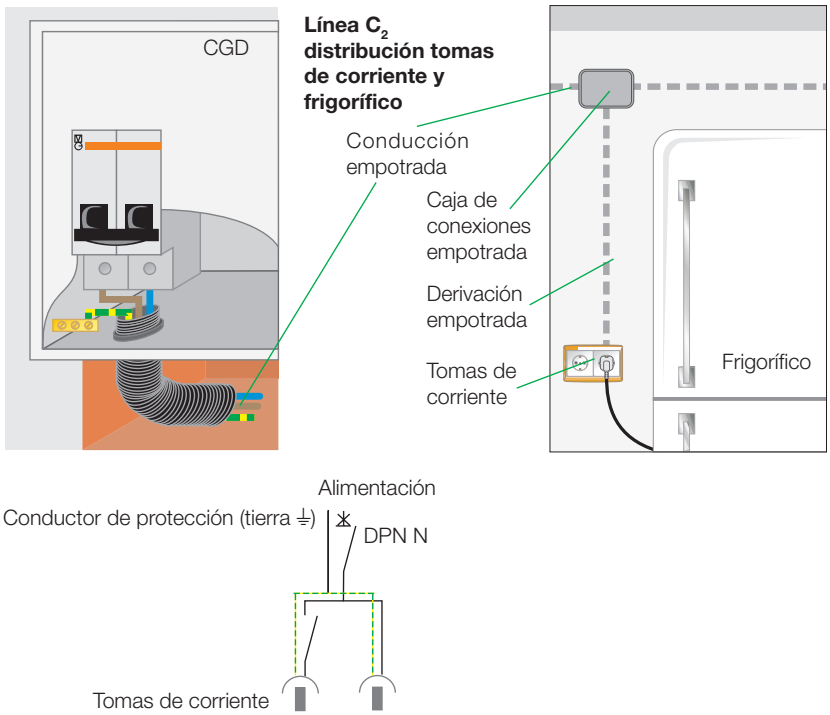


Fig. L6.3-014: *C_2.Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.*

En el circuito C_2 de tomas de corriente se debe conectar el frigorífico según la ITC-BT-25, pero la misma instrucción prevé el circuito de tomas de corriente C_5 para las tomas de la cocina y el baño. Normalmente en nuestra cultura el frigorífico se emplaza en la cocina y en ella se ejecutan trabajos que acostumbran a dejar las manos mojadas (BB2) y es un local como mínimo húmedo. El hecho de que la ITC-BT-25 prevea las tomas de corriente de este local en un circuito diferente C_5 al de las tomas en general C_2 induce a interpretar que es por cuestión de protección contra las corrientes de choque. Se entiende que conectar el

frigorífico al circuito C_5 así como las posibles tomas de las terrazas sería una actuación lógica y recomendable.

C_3. Circuito de distribución interna destinado a alimentar la cocina y el horno

Según la ITC-BT-25

■ La ITC-BT-25 prevé que el circuito pueda alimentar 2 tomas de corriente de 25 A 2p + T de 5.400 W a 230 V con un factor de simultaneidad de $F_s = 0,5$ y un factor de utilización de $F_u = 0,75$, esto representa una intensidad de:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{2 \text{ ud} \cdot 5.400 \text{ W} \cdot 0,5 \cdot 0,75}{230 \text{ V} \cdot 0,9} = 19,56 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 25 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

■ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 25 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de 6 mm^2.

■ Si colocamos un interruptor de 25 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 6 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 29 A.

■ El interruptor automático DPN N de 25 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 21,25 A. Las bases tomas de corriente de 25 A quedan protegidas.

Los factores de simultaneidad y utilización son factores de medias de consumo, que a mayor número de circuitos acostumbran a aproximarse suficientemente a la realidad para poderles dar una gran confianza, pero cuando se reducen a la actividad de dos elementos podemos encontrar desviaciones importantes a los conceptos generales; es más adecuado realizar un análisis del trabajo de los dos elementos y más aun si se pretende con estos datos dimensionar la instalación.

Al tratarse de la cocina eléctrica y el horno eléctrico encontramos que las amas de casa se encuentran, en varias ocasiones, con la necesidad de hacer funcionar los dos electrodomésticos al unísono, por tanto se debe efectuar la instalación para que los dos circuitos puedan funcionar al mismo tiempo, factor de simultaneidad $F_s = 1$.

El factor de utilización es de otra aplicación, es muy probable que los dos elementos, en el momento de coincidir funcionando los dos, no lo hagan a plena carga, factor de utilización $F_u = 0,75$ (posible). Si se pretende mantener la aplicación de los factores de simultaneidad y utilización, con un interruptor automático de 25 A, se deberá colocar un relé de discriminación de consumo para que desconecte uno de los dos elementos cuando se supere la carga, y desconecte el interruptor automático del circuito que provocaría la desconexión de los dos. O bien utilizar dos circuitos uno para cada electrodoméstico.

Según las recomendaciones de IEC y UNE

■ La IEC y consecuentemente la UNE consideran un factor de simultaneidad para la concentración de dos o tres circuitos de $k_s = 0,9$ (ver tabla B4-006, página B/83 del 1.er Volumen) y los factores de utilización no acostumbran a bajar del $k_u = 0,8$.

■ Si nos atenemos a las prescripciones de IEC y UNE tendremos:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{2 \text{ ud} \cdot 5.400 \text{ W} \cdot 0,9 \cdot 0,8}{230 \text{ V} \cdot 0,95} = 35,59 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 40 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

■ Si colocamos un interruptor de 40 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 10 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 40 A.

■ El interruptor automático de 40 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 34 A. Deberemos prever tomas de corriente de 32 A nominales.

Individualización de circuitos horno y cocina

■ Si adoptamos la solución de separación de circuitos, uno para la cocina 5.400 W y otro para el horno 5.400 W, tendremos:

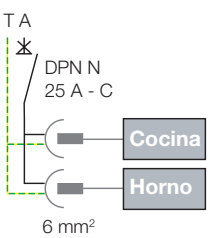
$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{5.400 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,95} = 24,71 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor de 25 A, si situamos el interruptor automático en el cuadro general contiguo a otros interruptores tendremos una degradación del comportamiento del 0,85, por tanto debemos colocar un interruptor automático de 30 A (30 · 0,85 = 25,5 A).

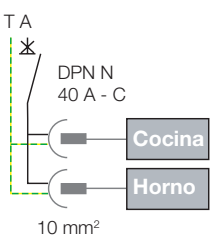
□ Si colocamos un interruptor de 25 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado de 4 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_2) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 32 A. Pero si instalamos los dos circuitos en un mismo conducto (tubo) empotrado deberemos aplicar el factor de reducción por dos circuitos 0,8 de la Tabla F7-136, página F/259 del 1.er Volumen: I_n del conductor = 32 A · 0,8 = 25,6 A.

■ El interruptor automático DPN N de 25 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 21,25 A. Las tomas de corriente de 25 A quedan protegidas.

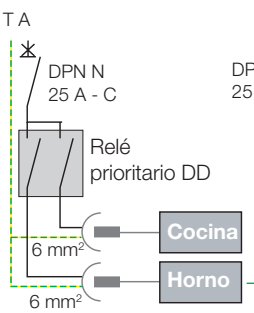
Esquema según la ITC-BT-25



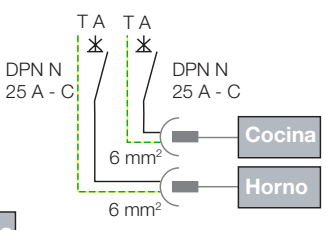
Esquema según las recomendaciones de CEI y UNE



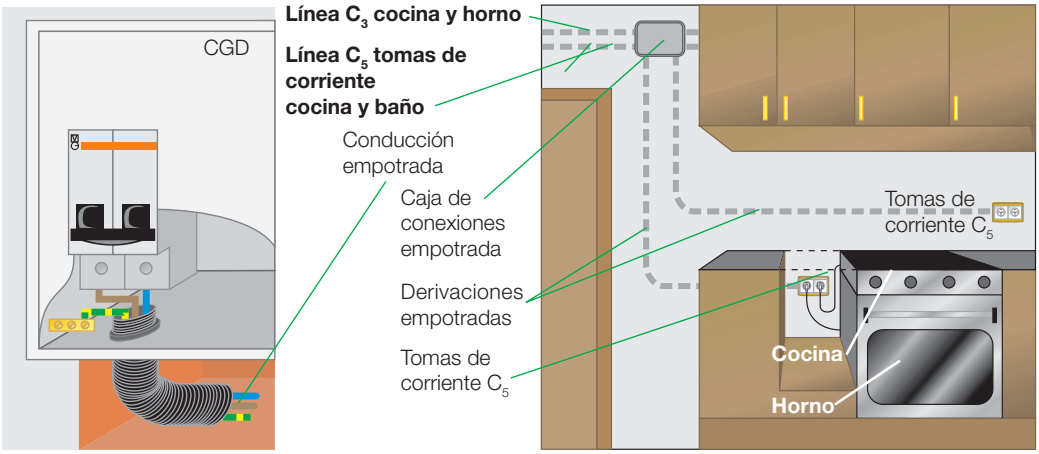
Esquema utilizando un discriminador de circuitos DD



Esquema utilizando doble circuito



Las tomas de corriente serán de 25 A



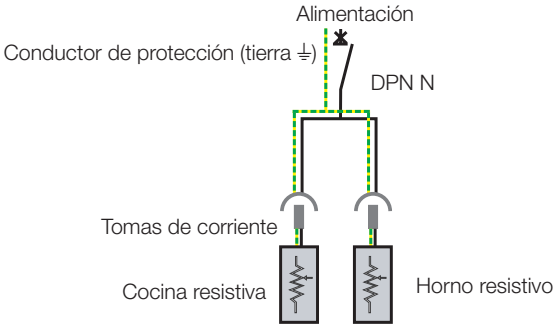


Fig. L6.3-015: C_3. *Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno.*

■ En la mayoría de los casos las cocinas y los hornos eléctricos son de resistencia, en estos casos no crean distorsión de la onda de tensión, pero si utilizamos otras técnicas deberemos tener en consideración las distorsiones de la onda senoidal y el desfase o desplazamiento de la onda de corriente y tensión. Hoy en día se impone la necesidad de realizar una lectura con el analizador de redes PowerLogic, ver apartado 3.8. “Aplicaciones del sistema PowerLogic”, página K/126 del 4.º Volumen.

C_4. Circuito de distribución interna destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico

Según la ITC-BT-25

■ La ITC-BT-25 prevé que el circuito pueda alimentar 3 tomas de corriente de 16 A 2p + T de 3.450 W a 230 V con un factor de simultaneidad de $F_s = 0{,}66$ y un factor de utilización de $F_u = 0{,}75$, esto representa una intensidad de:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{3 \text{ ud} \cdot 3.400 \text{ W} \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}8}{230 \text{ V} \cdot 0{,}95} = 33{,}61 \text{ A}$$

el interruptor automático de 20 A previsto por la ITC-BT-25 no cubre las necesidades del circuito, por tanto deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 25 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.
□ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 20 A para el calibre del interruptor, un mínimo de sección de 4 mm^2 y bases de 16 A.
□ El interruptor automático DPN N de 20 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 17 A.

■ Si colocamos un interruptor de 25 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado de 2,5 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_2) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 24 A.
■ El interruptor automático de 25 A al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 21,25 A. Deberemos colocar bases de 25 A.

Es obvio que la previsión no corresponde con los cálculos descritos según la ITC-BT-25. Si se mantienen los tres electrodomésticos conectados a una misma línea con una protección de intensidad de utilización de 20 A o de 25 A, habrá coincidencias de funcionamiento de los tres electrodomésticos que sobrepasarán el umbral de desconexión de la protección, quedando sin tensión el circuito y a medio trabajo los electrodomésticos.

Según las recomendaciones de IEC y UNE

■ La IEC y consecuentemente la UNE consideran un factor de simultaneidad para la concentración de dos o tres circuitos de k_s = 0,9 (ver tabla B4-006, página B/83 del 1.er Volumen) y los factores de utilización no acostumbran a bajar del k_u = 0,8.
En las lavadoras mientras se calienta el agua, a períodos determinados, el motor hace girar el tambor un par o tres vueltas a baja velocidad en un sentido y alternativamente en otro hasta que el agua ha llegado a la temperatura programada.
■ Si nos atenemos a las prescripciones de IEC y UNE tendremos:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{3 \text{ ud} \cdot 3.400 \text{ W} \cdot 0,9 \cdot 0,8}{230 \text{ V} \cdot 0,95} = 33,61 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 40 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.
■ Si colocamos un interruptor de 40 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 10 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 40 A.
■ El interruptor automático de 40 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 34 A. Deberemos colocar bases de 32 A de intensidad nominal.
■ Si nos atenemos a la realidad histórica, en los hogares Españoles disponemos de lavadora y lavaplatos y no utilizamos bases tomas de corriente de 32 A; esto no quiere decir que la instalación mantenga las condiciones de seguridad previstas en la normativa internacional IEC y en España UNE. Para poder utilizar bases toma de corriente de 25 A deberíamos de proteger contra las sobreintensidades cada toma de forma individualmente.

Utilizando un discriminador de circuitos CDS

■ Pero si analizamos el funcionamiento de los tres electrodomésticos, podemos convenir que en una vivienda no es necesario que trabajen los tres al mismo tiempo, y así podemos tener una contratación de energía menor.
■ Por tanto podemos recomendar la utilización de un relé de discriminación de cargas, dando las siguientes prioridades:
□ Primera prioridad de funcionamiento: la lavadora (la lavadora tiene el mayor consumo en el momento de calentar el agua, una vez el agua calentada su consu-

mo es muy reducido y permite acoplar al circuito el funcionamiento del segundo electrodoméstico).

□ Segunda prioridad de funcionamiento: el lavavajillas (el lavavajillas alterna el lavado con agua caliente con el lavado con agua fría, esto nos permite mantener una continuidad de funcionamiento una vez la lavadora ya no consume para calentar el agua) pero también es pertinente destinar un día a realizar colada y otro a lavar platos.

□ Tercera prioridad de funcionamiento: el calentador de agua (al disponer de reserva de volumen de agua nos permite discriminarlo siempre que esté funcionando la lavadora o el lavavajillas).

■ Una solución sería:

□ Instalación de un relé de prioridad de consumo CDS que cuando la lavadora o el lavaplatos activen el circuito de calefacción del agua no permita la conexión del calentador de agua.

El CDS nos permite limitar que cuando el circuito consuma 15 A desconectar el circuito del calentador de agua entre 5 y 10 minutos.

□ Instalación de un conmutador que seleccione:

– Posición 1 - la alimentación de la lavadora y el termo.

– Posición 2 - la alimentación del lavavajillas y el termo.

(Estando el termo conectado al circuito no prioritario.)

Conmutador CM de un circuito y dos posiciones, de 20 A de intensidad nominal.

■ Esta solución está en concordancia con la economía del hogar puesto que permite una menor contratación de potencia y un consumo más uniforme, sobre todo si lo acoplamos a la doble tarifa.

■ La intensidad del circuito será función de las cargas que puedan estar en tensión permanente en el circuito prioritario del relé.

Si el relé CDS lo regulamos a un máximo de 20 A, en el momento que supere esta intensidad desconectará el circuito no prioritario (el termo), por tanto la potencia de consumo permanente permitida será: $P = I \cdot U \cdot \cos \varphi = 20 \text{ A} \cdot 230 \text{ V} \cdot 0{,}95 = 4.370 \text{ W}$; si la previsión de una carga es de 3.450 W, con esta alternativa permitimos el funcionamiento conjunto de la lavadora y el termo o el lavaplatos y el termo durante el período que la lavadora o el lavaplatos no están en su máximo consumo.

■ Deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 25 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

■ Si colocamos un interruptor de 25 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de PVC de 4 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_1) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 22 A.

■ El interruptor automático DPN N de 25 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 21,25 A. Deberemos instalar bases de toma de corriente de 25 A.

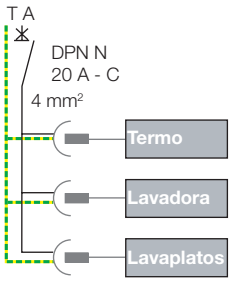
■ Si el relé CDS lo regulamos a un máximo de 25 A en el momento que supere esta intensidad desconectará el circuito no prioritario (el termo), por tanto la potencia de consumo permanente permitida será: $P = I \cdot U \cdot \cos \varphi = 25 \text{ A} \cdot 230 \text{ V} \cdot 0{,}95 = 5.462{,}5 \text{ W}$; la previsión de una carga es de 3.450 W.

Deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 32 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

■ Si colocamos un interruptor de 32 A podemos colocar conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado de 4 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo (método de instalación A) en los muros de la vivienda y colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) (C_2) puede conducir permanentemente, según la Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen 32 A.

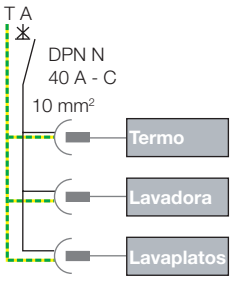
■ El interruptor automático de 32 A, al estar situado de forma contigua con otros interruptores automáticos, tiene una degradación del 0,85, por tanto se comporta como un interruptor de 27,2 A. Deberemos prever tomas de corriente de como mínimo 25 A y a poder ser de 32 A.

Esquema según la ITC-BT-25



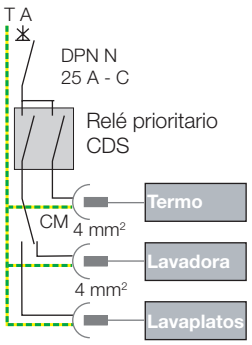
Las tomas de corriente serán de 16 A

Esquema según las recomendaciones de IEC y UNE



Las tomas de corriente serán de 32 A

Esquema utilizando un discriminador de circuitos CDS



Las tomas de corriente serán de 25 A

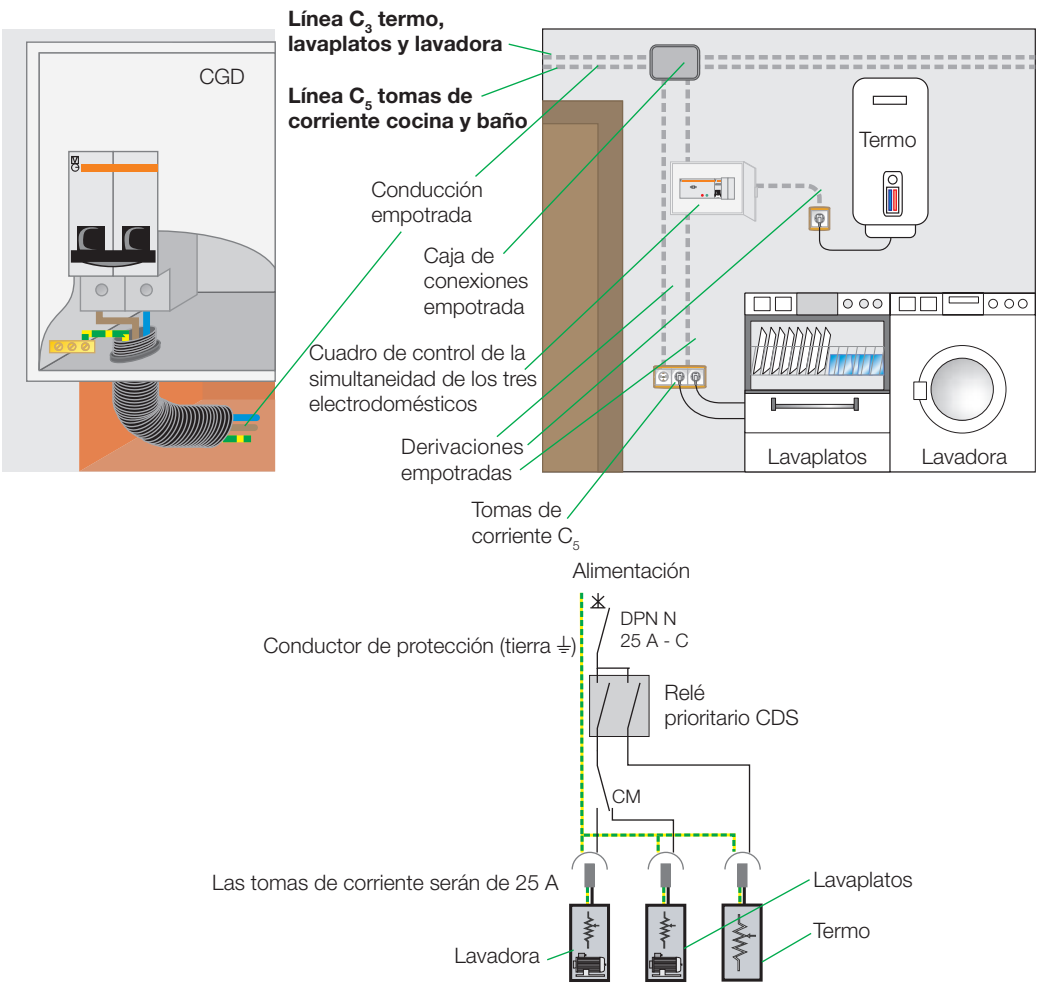


Fig. L6.3-017: *C_4. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.*

■ El termo es una carga resistiva, solamente debemos considerar la punta de arranque en frío de 2 a 3 veces la intensidad nominal.
■ La lavadora y el lavaplatos son, hoy en día, electrodomésticos con programadores y controladores electrónicos tanto para el tiempo, la temperatura y la velocidad de giro del motor o la presión del chorro.
■ Tendremos distorsiones de la onda de tensión propias de las fuentes de alimentación monofásicas del orden del 93% (THDI = 93%) y de los variadores de velocidad del orden del 124% (THDI = 124%). También debemos tener en consideración el factor cresta de la fuente de alimentación que es del orden del 2,4 a 2,8 veces la intensidad nominal.
■ Existe un fenómeno muy curioso y es que las fuentes de alimentación acostumbran a dar como segundo armónico de más importancia el H5 con un 44% y el variador de velocidad como primer armónico el H5 con un 81%. Esta circunstancia provoca una gran distorsión y es conveniente utilizar hoy en día una lectura con el analizador de redes PowerLogic. Ver apartado 3.8. "Aplicaciones del sistema PowerLogic", página K/126 del 4.° Volumen, para dimensionar la importancia total de la distorsión y poder compensarla.

C_5. Circuito de distribución interna destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina

■ La ITC-BT-25 prevé que el circuito pueda alimentar 6 tomas de corriente de 16 A 2p + T de 3.450 W a 230 V con un factor de simultaneidad de $F_s = 0,4$ y un factor de utilización de $F_u = 0,5$, esto representa una intensidad de:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{6 \text{ ud} \cdot 3.400 \text{ W} \cdot 0,4 \cdot 0,5}{230 \text{ V} \cdot 0,92} = 19,28 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 20 o 25 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.
■ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 16 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de 2,5 mm^2.
■ La Tabla F7-132 para un circuito con dos conductores cargados de 2,5 mm^2 y empotrado en un muro con aislamiento de PVC (C_{13}), permite la circulación de una intensidad máxima de 16 A.
■ Si colocamos un interruptor de 20 A, Tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, para un circuito con dos conductores cargados de 4 mm^2 y empotrado en un muro con aislamiento de PVC (C_{13}), permite la circulación de una intensidad máxima de 22 A.
■ En términos generales prever un circuito de 16 A para las tomas de corriente del baño y la cocina es suficiente.
■ La independencia del circuito se debe a la necesidad de una protección contra las corrientes de choque propia a zonas mojadas y con posibilidad de tener el cuerpo humano en situación de mojado que desarrollaremos en el apartado "Medidas de protección contra los choques eléctricos".
■ Según la instrucción ITC-BT-25, que trata de las instalaciones en locales que contengan una bañera o ducha, prevé unas zonas específicas, denominadas volúmenes, en los cuales no se pueden instalar tomas de corriente en unos, en otros sólo si están alimentadas a MBTS y otras que deben estar aisladas y protegidas con interruptores a corriente diferencial residual de alta sensibilidad.
■ Es recomendable que todas las instalaciones de un servicio (baño o ducha) estén tratadas como una unidad, con una red de equipotencialidad local para poder asegurar las protecciones a las corrientes de choque, propias de una situación del cuerpo humano de (BB3), tal como veremos en el apartado 6.3.1.5. "Medidas de protección para garantizar la seguridad", página L/617.

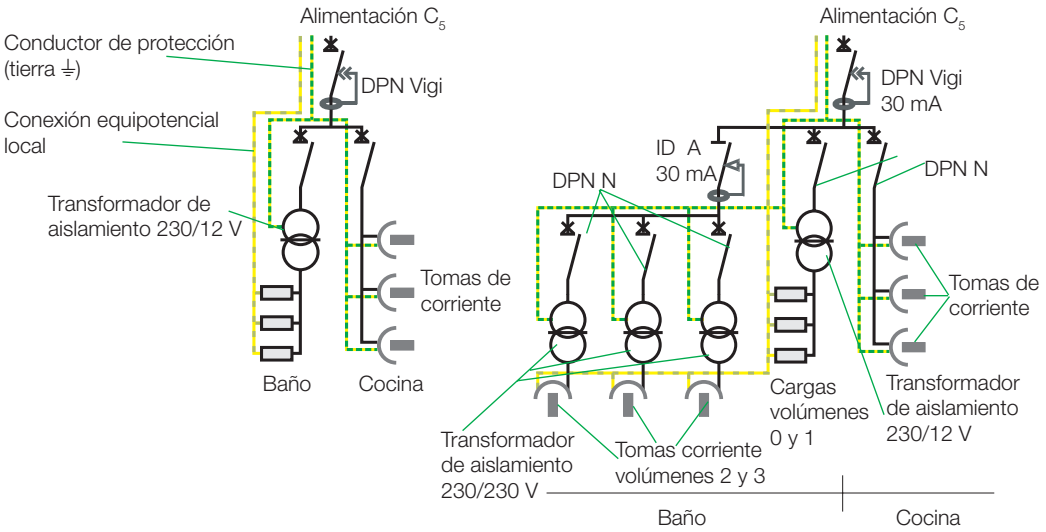


Fig. L6.3-018: *C_5. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar las tomas de corriente de los baños y cocina.*

C_8. Calefacción

■ En la electrificación básica no se prevé ningún circuito para el control de la calefacción como en la electrificación elevada que se prevé el circuito C_8. Circuito de distribución interna destinado a la instalación de calefacción eléctrica cuando existe previsión de ésta. Es lógico que en una electrificación elevada se prevea un acondicionamiento de la vivienda con energía eléctrica, pero en la mayoría de los hogares españoles existe como mínimo una calefacción con agua caliente y radiadores a base de combustible fósil (carbón o gasoil y actualmente gas), la cual necesita de un suministro eléctrico para controlar la temperatura, el encendido automático y la circulación de agua, y esta instalación se da en la mayoría de las casas con suministro básico. El consumo es pequeño, un motor de 1/3 CV; aproximadamente 0,245 kW con un $\eta = 63\%$ y un factor de potencia $\cos \varphi = 0{,}73$.

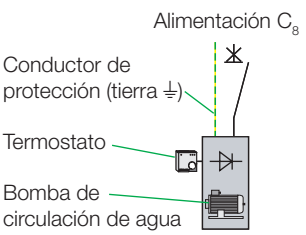
$$I_a = \frac{P_n}{U \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{245\ W}{230\ V \cdot 0{,}63 \cdot 0{,}73} = 2{,}32\ A$$

no tiene importancia por su consumo pero sí que es importante realizar una previsión de una línea para poder establecer el control general desde el CGD con interruptor magnetotérmico de 4 o 6 A con conductor de 1,5 mm^2.

■ Calefacción de gas. Un simple equipo de control del encendido, un termostato y una bomba de circulación del agua.

■ Esquemas de suministro:

□ Gas



□ Fósiles

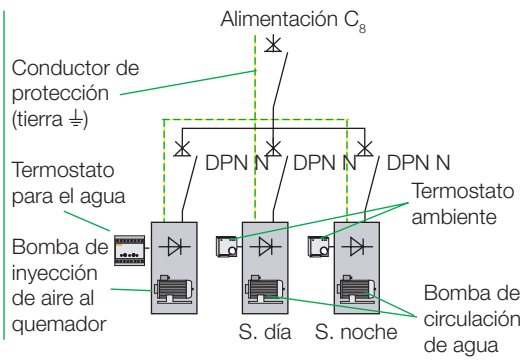


Fig. L6.3-019: *C_8. Circuito destinado a alimentar la calefacción.*

■ Calefacción con combustibles fósiles.
Un equipo de caldeo, encendido e inyector de aire, una bomba de circulación para el circuito de día y otra para el circuito de noche con sus correspondientes termostatos.

6.3.1.3. Electrificación básica

En los esquemas que aparecen en este manual disponemos de un bloque de viviendas de electrificación básica en el que la cocina, el termo y la calefacción funcionan con gas ciudad. Las cargas eléctricas derivadas de estos equipos las conectaremos al circuito C_8.
Disponemos de unas alarmas de detección de presencia de gas y humos para comunicar a alguna central de servicios.
También dispone de ordenador para atender las necesidades de hoy en día. Todos estos equipos están alimentados a través de un SAI. Las cargas eléctricas derivadas de estos equipos las conectaremos al circuito C_{11}.

Plano en planta

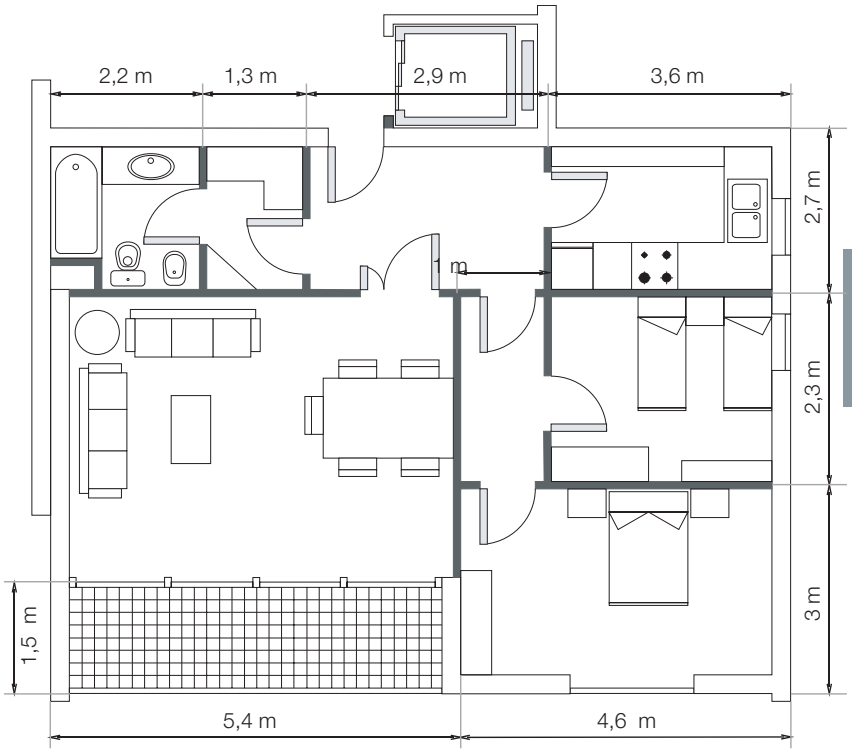


Fig. L6.3-020: *C_6. distribución en planta del apartamento.*

■ **C_1.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar los puntos de iluminación:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 1,5 mm^2.
El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA3 con una distancia de 2,9 m.

□ Sale de la caja de derivación CA3 hasta la caja de derivación CA4 con una distancia de 3 m.

■ **C_2.** Circuito de distribución interna destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 2,5 mm^2.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA3 con una distancia de 2,9 m.
□ Sale de la caja de derivación CA3 hasta la caja de derivación CA4 con una distancia de 3 m.

■ **C_3.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la cocina y el horno. En este caso solo el horno:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 6 mm^2.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 5 m.

■ **C_4.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 4 mm^2.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 5 m.

■ **C_8.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta:
□ La instrucción ITC-BT-25 no prevé la utilización de este circuito; un conductor de 1,5 mm^2 es adecuado.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 5 m.

■ **C_5.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina:
□ La instrucción ITC-BT-25 no prevé la utilización de este circuito; un conductor de 1,5 mm^2 es adecuado:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 2,5 mm^2.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 5 m.

■ **C_{11}.** Circuito de distribución interna destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad, cuando exista previsión de éste:
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ La instrucción ITC-BT-25 no prevé la utilización de este circuito; un conductor de 1,5 mm^2 es adecuado:
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA6 con una distancia de 2,5 m.

Clasificación de las cargas												
N.º	Concepto	P (W)			I (A)	Intensidades circuitos						
						C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_8	C_{11}
C00	**Calefacción**											
C01	Quemador	BB2	1 ·	500	0,1						0,1	
C02	Bomba	BB2	1 ·	300	1,3						1,3	
I00	**Alumbrado**											
I01	Sala de estar Comedor	BB1	5 ·	50	1,1	1,1						
I02	Cocina	BB2	2 ·	50	0,5	0,5						
I03	Baño	BB2	2 ·	50	0,5	0,5						
I04	Vestíbulo	BB1	2 ·	50	0,5	0,5						
I05	Terraza	BB2	2 ·	50	0,5	0,5						
I06	Dormitorio M	BB1	4 ·	50	0,9	0,9						
I07	Dormitorio D1	BB1	4 ·	50	0,9	0,9						
I08	Pasillo	BB1	1 ·	50	0,25	0,25						
I09	Timbre	BB1			0,15	0,15						
E00	**Electrodomésticos**											
E01	Lavadora	BB2	1 ·	3.450	15				15			
E02	Microondas	BB2	1 ·	1.000	4,4					4,4		
E03	Nevera	BB2	1 ·	400	1,7		1,7					
E04	Extractor	BB2	1 ·	300	1,3					1,3		
E05	Lavaplatos	BB2	1 ·	3.450	15				15			
E06	Horno	BB2	1 ·	5.400	23,5			23,5				
E07	Congelador	BB2	1 ·	400	1,7		1,7					
E08	Batidora	BB2	1 ·	300	1,3					1,3		
E08	Tostadora	BB2	1 ·	1.600	6,95					6,95		
E09	Cafetera	BB2	1 ·	230	1					1		
E10	Secador pelo	BB3	1 ·	1.600	6,95					6,95		
E11	Cepillo diente	BB3	1 ·	1								
E12	Afeitadora	BB3	1 ·	150	0,65					0,65		
E13	Depiladora	BB3	1 ·	300	1,3					1,3		
C00	**Conectores, enchufes**											
C01	Cadena HI FI	BB1	1 ·	100	0,4		0,4					
C02	Televisor TV	BB1	1 ·	100	0,4		0,4					
C03	Vídeo	BB1	1 ·	25	0,1		0,1					
C04	Radio	BB1	1 ·	25	0,1		0,1					
S01	SAI Pulsar EX	BB1	4 kVA-4 h									
T00	**Alarmas técnicas**											
T01	Fuente sistema domótico											
T02	C. humos				0,1							0,1
T03	Sirena				0,2							0,2
T04	Comunicación				0,2							0,2
T05	P. gas. B				0,3							0,3
N00	**Informática**											
N01	PC	BB1	1 ·	300	1,3							1,3
N02	Pantalla	BB1	1 ·	220	1							1
N03	Impresora	BB1	1 ·	110	0,5							0,5
Totales						**5,3**	**4,4**	**23,5**	**30**	**23,85**	**1,4**	**3,6**

Tabla L6.3-021: *cargas de la vivienda.*

ITC-BT-21 "Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales de protección."

Esquemas de los circuitos

Red de distribución y cajas de conexión

Del cuadro general de distribución (CGD), y protección saldrán los circuitos hasta diferentes cajas de conexión de las cuales derivaremos las conexiones de las cargas de cada dependencia o conjunto de dependencias.

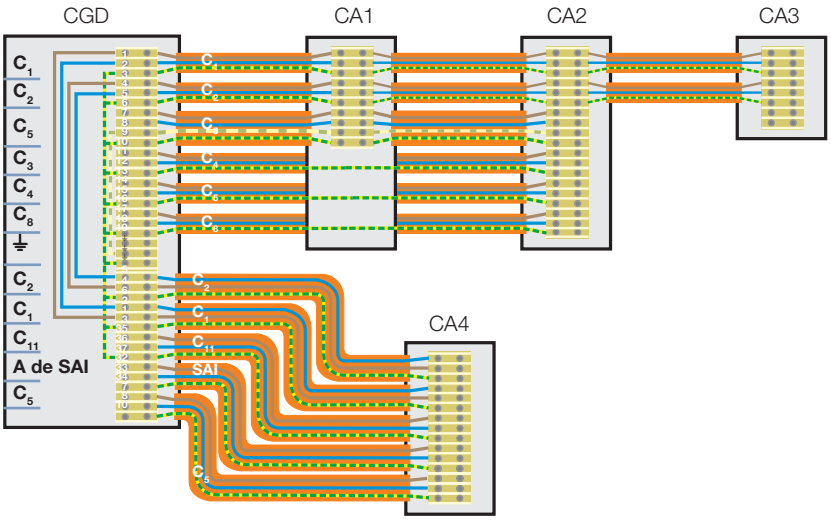


Fig. L6.3-022: *circuito de distribución principal desde el cuadro general y a través de las cajas de derivación.*

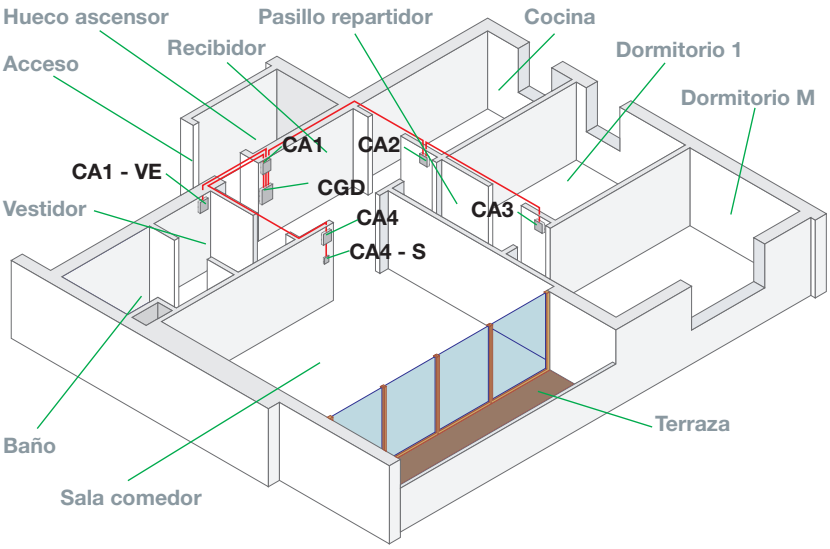


Fig. L6.3-023: *situación física del circuito de distribución principal.*

Conducciones entre el cuadro general y la caja CA1

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_3 de 4 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_4 de 2,5 mm^2.

■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_5 de 2,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_8 de 1,5 mm^2.

■ 4 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} (salida de SAI) de 1,5 mm^2.

■ 5 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores de la línea de alimentación de los automatismos del circuito de automatismo (sistema domótico) C_{11} de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la CA2

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_3 de 4 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_4 de 2,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_5 de 2,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_8 de 1,5 mm^2.
■ 4 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} (salida de SAI) de 1,5 mm^2.
■ 5 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores de la línea de alimentación de los automatismos del circuito de automatismo (sistema domótico) C_{11} de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2 y la CA3

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre el cuadro general y la caja CA4

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y tres conductores de la salida de SAI de 1,5 mm^2.

Cargas y circuitos de acceso

En el acceso solamente tenemos la carga del timbre de llamada a la puerta de la vivienda. En la Tabla L6.3-021, página L/487, encontramos los datos de la carga: ref. I09; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,15 A y de qué línea deriva la carga.
La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección.
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima, según la ITC-BT-25, de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,15 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Conducción:
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.
□ Para tres conductores fase-neutro-tierra de 1,5 mm^2 le corresponde un diámetro exterior de 16 mm.
■ Esquema del circuito:

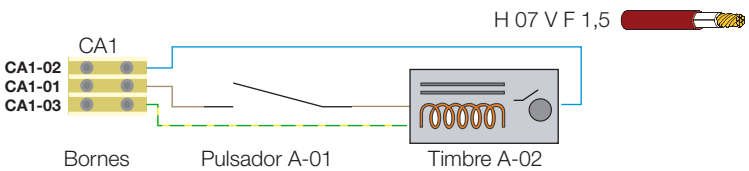


Fig. L6.3-024: *esquema correspondiente al timbre del acceso.*

Cargas y circuitos del vestíbulo

En el vestíbulo solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos, y el CA1-03 para el conductor de protección.

En la tabla L6.3-021, página L/487, encontramos los datos de la carga: ref. I04; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,5 A y de qué línea deriva la carga:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Conducciones:

□ Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos V-01, V-02, V-03 y hasta los puntos luz situados en el techo.

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características de tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen.

■ Esquema del circuito:

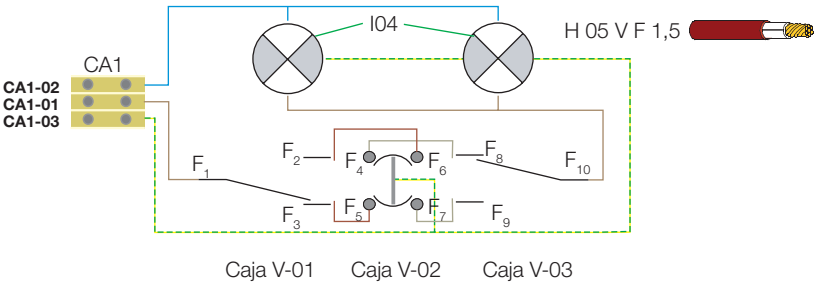


Fig. L6.3-025: *esquema correspondiente al alumbrado del vestíbulo.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\,W \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}25 \cdot 3\,ud = 517{,}5\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{517{,}5\,W}{230\,V \cdot 0{,}92} = 2{,}45\,A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA1, bornes CA1-04 y CA1-05 para los conductores activos y el CA1-06 para el conductor de protección:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima según la ITC-BT-25 de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 2,45 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito:

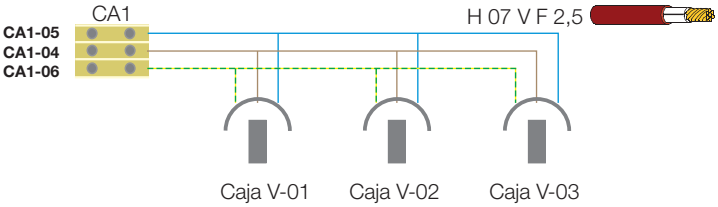


Fig. L6.3-026: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo.*

Conducciones en el vestíbulo y acceso

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA1 hasta las cajas de mecanismos V-01, V-02 y V-03:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.

■ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja permiten que el conductor de protección pueda ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2).

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos A-01 (V1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2 y retorno de la fase desde la salida del pulsador.

■ Caja de mecanismo de un elemento-pulsador (timbre).

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos A-02 (V2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase de la caja A-01, el conductor neutro y el de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

■ Caja de mecanismo de un elemento-zumbador.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos V-01 (V3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, la fase y el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 y los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos V-01 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el vestíbulo.

□ Conmutador para el vestidor.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos V-02 (V4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2 y los tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos V-02 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador de cruzamiento para el vestíbulo.

□ Conmutador para la cocina.

Conducciones entre la caja de mecanismos V-02 y la V-03 (V5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, los puentes (F4-F8) y (F7-F9) de 1,5 mm^2 y los tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos V-03 de cuatro elementos, tres conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el pasillo repartidor.

□ Conmutador para el vestíbulo.

□ Conmutador para la sala de estar y comedor.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I04 (V6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro y el de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre los puntos luz I04 (V7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F10), el neutro y el conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja de mecanismos V-03 y la base del punto luz I04 (V8)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el retorno de la fase desde el borne F10 y el de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

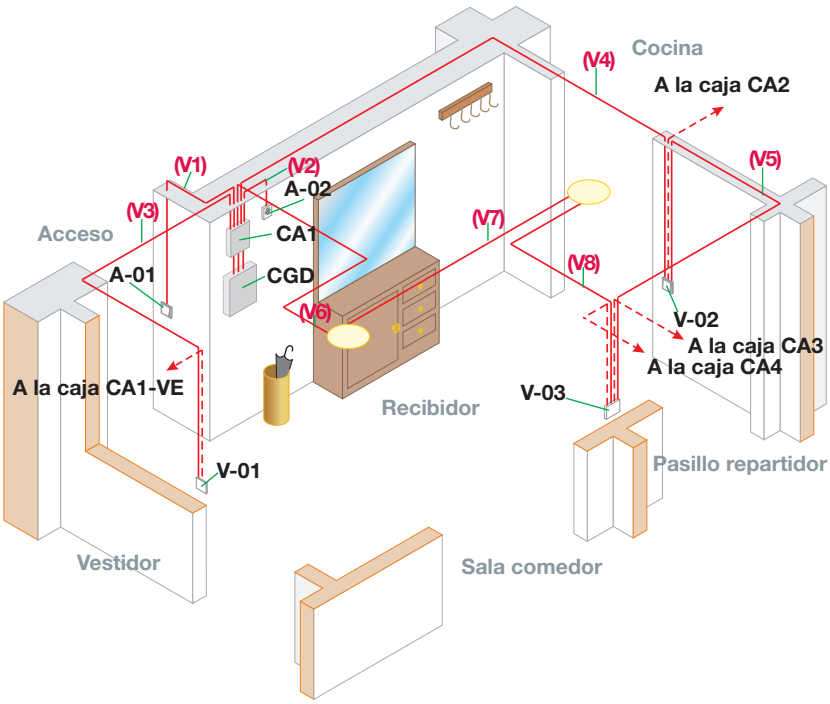


Fig. L6.3-027: *situación física del circuito de distribución en el acceso y recibidor.*

Cargas y circuitos del vestidor

En el vestidor solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_5 y un circuito de equipotencialidad conectado al borne CA1-09 de la caja CA1.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección, hasta una caja intermedia CA1-VE donde situaremos los transformadores de aislamiento de 230/12 V y el borne de equipotencialidad que conectaremos al borne CA1-09 de la caja CA1:

■ Conductores.

Los conductores deben tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,25 A de la carga, o para los 4,2 A del tramo de 12 V) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Conducciones.

Las conducciones desde la caja de CA1-VE para el transformador de aislamiento, hasta el punto luz situado en el techo y el conmutador situado en la caja de mecanismos V-01 del vestíbulo, deberán ser:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.
□ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente, coincidentes en una misma caja, permiten que, el conductor de protección pueda ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm²).
■ Esquema del circuito:

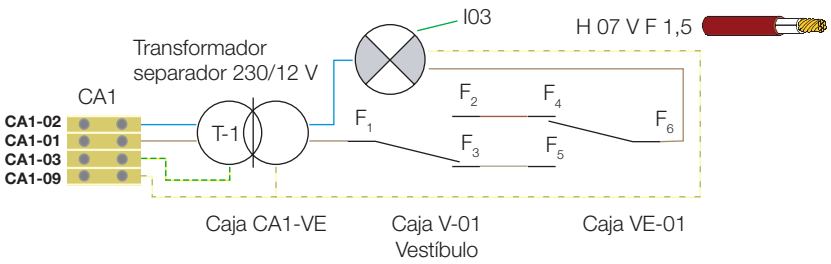


Fig. L6.3-028: *esquema correspondiente al alumbrado del vestidor.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente se alimentará a través de tres transformadores de aislamiento 230/230 V, la carga prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 3\ ud = 517,5\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{517,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 2,45\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_5 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-07 y CA1-08 para los conductores activos, el CA1-10 para el conductor de protección y CA1-09 para el circuito de equipotencialidad; hasta una caja intermedia CA1-VE donde situaremos los transformadores de aislamiento de 230/230 V y el borne de equipotencialidad que conectaremos al borne CA1-09 de la caja CA1:
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 2,45 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen.
■ Esquema del circuito:

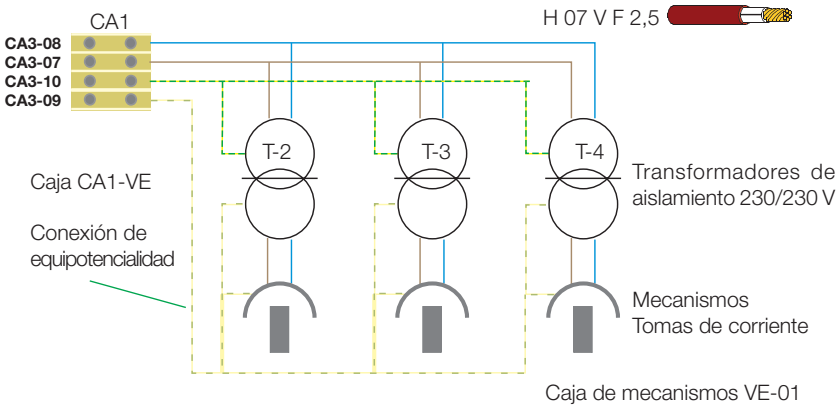


Fig. L6.3-029: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo.*

Cargas y circuitos del baño

En el baño solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_5 y un circuito de equipotencialidad conectado al borne CA1-09 de la caja CA1.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección, hasta la caja intermedia CA1VE (ubicada en el vestidor) donde situaremos los transformadores de aislamiento de 230/12 V y el borne de equipotencialidad que conectaremos al borne CA1-09 de la caja CA1:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga, o para los 4,2 A del tramo de 12 V) H 07 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Conducciones:

□ Las conducciones desde la caja de CA1-VE para el transformador de aislamiento hasta:

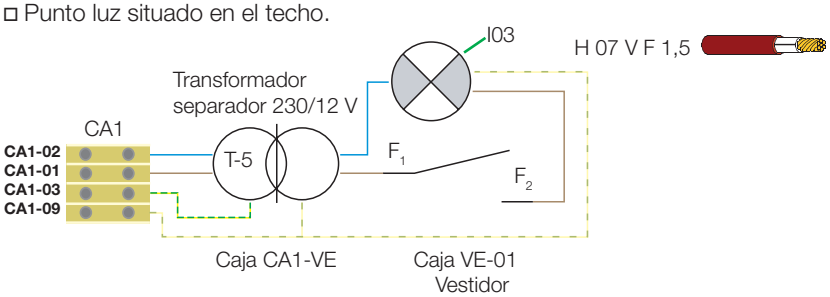
– El puntos luz situado en el techo y el interruptor situado en la caja de mecanismos VE-01 del vestidor.

– El punto luz situado en el muro encima del lavabo y el interruptor situado en la caja de mecanismos B-01 del baño.

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.

■ Esquema del circuito:

□ Punto luz situado en el techo.



□ Punto luz situado encima del lavabo.

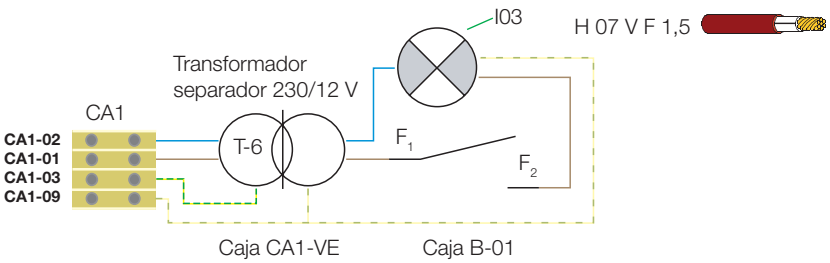


Fig. L6.3-030: *esquemas correspondientes a los puntos luz del alumbrado del baño.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente se alimentará a través de tres transformadores de aislamiento 230/230 V, la carga prevista es de:

$$P = 3.450\,W \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}25 \cdot 3\,ud = 517{,}5\,W;\; I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{517{,}5\,W}{230\,V \cdot 0{,}92} = 2{,}45\,A$$

La carga se alimenta del circuito C_5 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-07 y CA1-08 para los conductores activos y el CA1-10 para el conductor de protección y CA1-09 para el circuito de equipotencialidad; hasta una caja intermedia CA1-VE donde situaremos los transformadores de aislamiento de 230/230 V y el borne de equipotencialidad que conectaremos al borne CA1-09 de la caja CA1:

■ Conductores:
El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 2,45 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito:

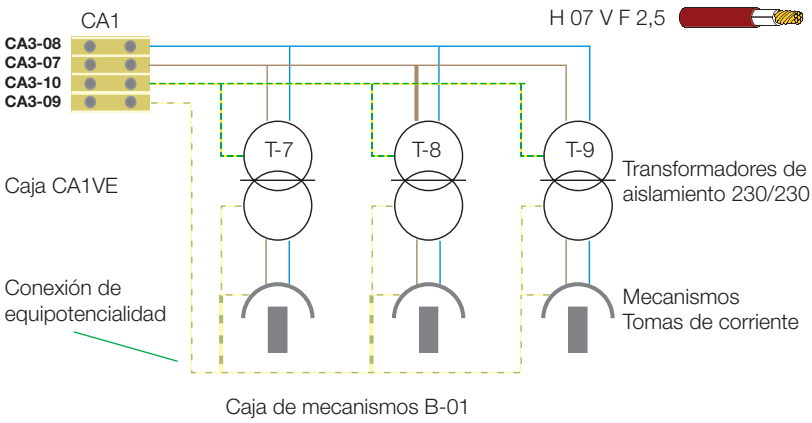


Fig. L6.3-031: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo.*

Conducciones en el vestidor y baño

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA1 hasta la caja CA1-VE:
■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen.
■ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja permiten que el conductor de protección pueda ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2).

Conducciones entre la caja CA1 y la caja CA1-VE (VB1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, fase neutro, conductor de protección y de equipotencialidad de la línea C_5, de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1-VE y la caja de mecanismos V-01 (VB2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, la fase del transformador de separación T1, conductor de equipotencialidad CA1-09, puentes (F2-F4) y (F3-F5), de la línea C_1, de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismo de tres elementos:
□ Conmutador del alumbrado del recibidor.
□ Toma de corriente del recibidor.
□ Conmutador del vestidor.

Conducciones entre la caja CA1-VE y el punto luz del vestidor I03 (VB3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6) y el neutro del transformador T1, de la caja VE-01, y el de equipotencialidad del borne CA1-09, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1-VE y la caja de mecanismos VE-01 (VB4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, el retorno de la fase puente (F6) del transformador T1, los puentes (F4-F2) y (F5-F3), el conductor de equipotencialidad del borne CA1-09, la fase del transformador T5, de 1,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos VE-01 de dos elementos:
□ Conmutador para el alumbrado del vestidor.
□ Interruptor para el alumbrado general del baño.

Conducciones entre la caja CA1-VE y la caja de mecanismos VE-02 (VB5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con siete conductores, la fase y neutro del secundario de los transformadores de aislamiento T2, T3, T4 y el conductor de equipotencialidad, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos VE-02 de tres elementos, tres base de toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA1-VE y la caja de mecanismos B-01 (VB6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase y el retorno del transformador T6 puente (F2) de 1,5 mm^2 y el conductor de equipotencialidad del borne CA1-09 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con seis conductores, las fases y los neutros de los transformadores T7, T8, y T9 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos B-01 de cuatro elementos un interruptor y tres bases de toma de corriente.
■ Interruptor para el punto luz del lavabo.

Conducciones entre la caja CA1-VE y la base del punto luz de alumbrado general del baño I03 (VB7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro y el retorno de la fase del transformador T5 de 1,5 mm^2 y el conductor de equipotencialidad del borne CA1-09 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1-VE y la base del punto luz de alumbrado del lavabo I03 (VB8)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro y el retorno de la fase del transformador T6 de 1,5 mm^2 y el conductor de equipotencialidad del borne CA1-09 de 2,5 mm^2.

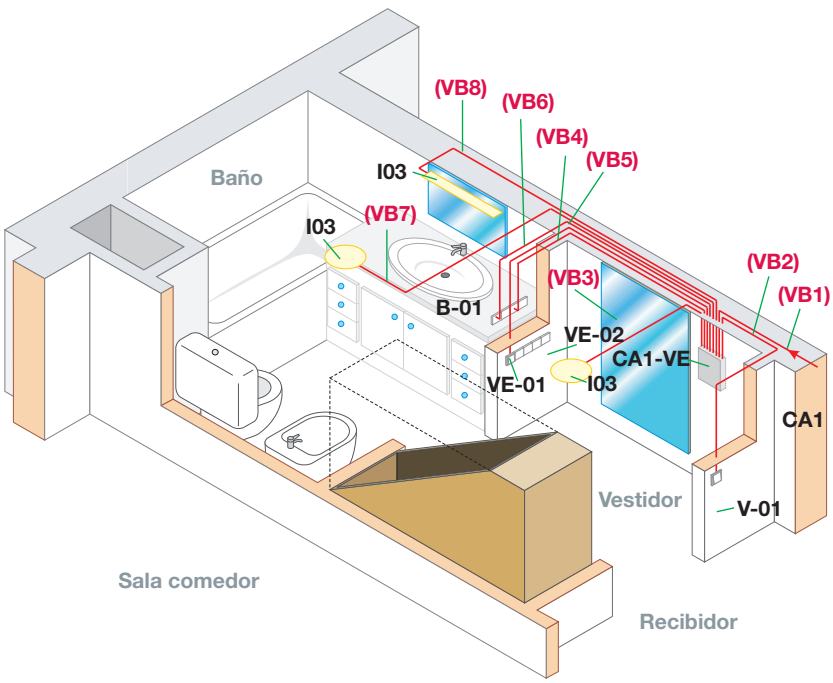


Fig. L6.3-032: *situación física del circuito de distribución en el vestidor y el baño.*

Caja de conexiones y de mecanismos correspondientes a la caja CA1

Incluye el suministro energético del acceso, del vestíbulo, del vestidor y del baño.

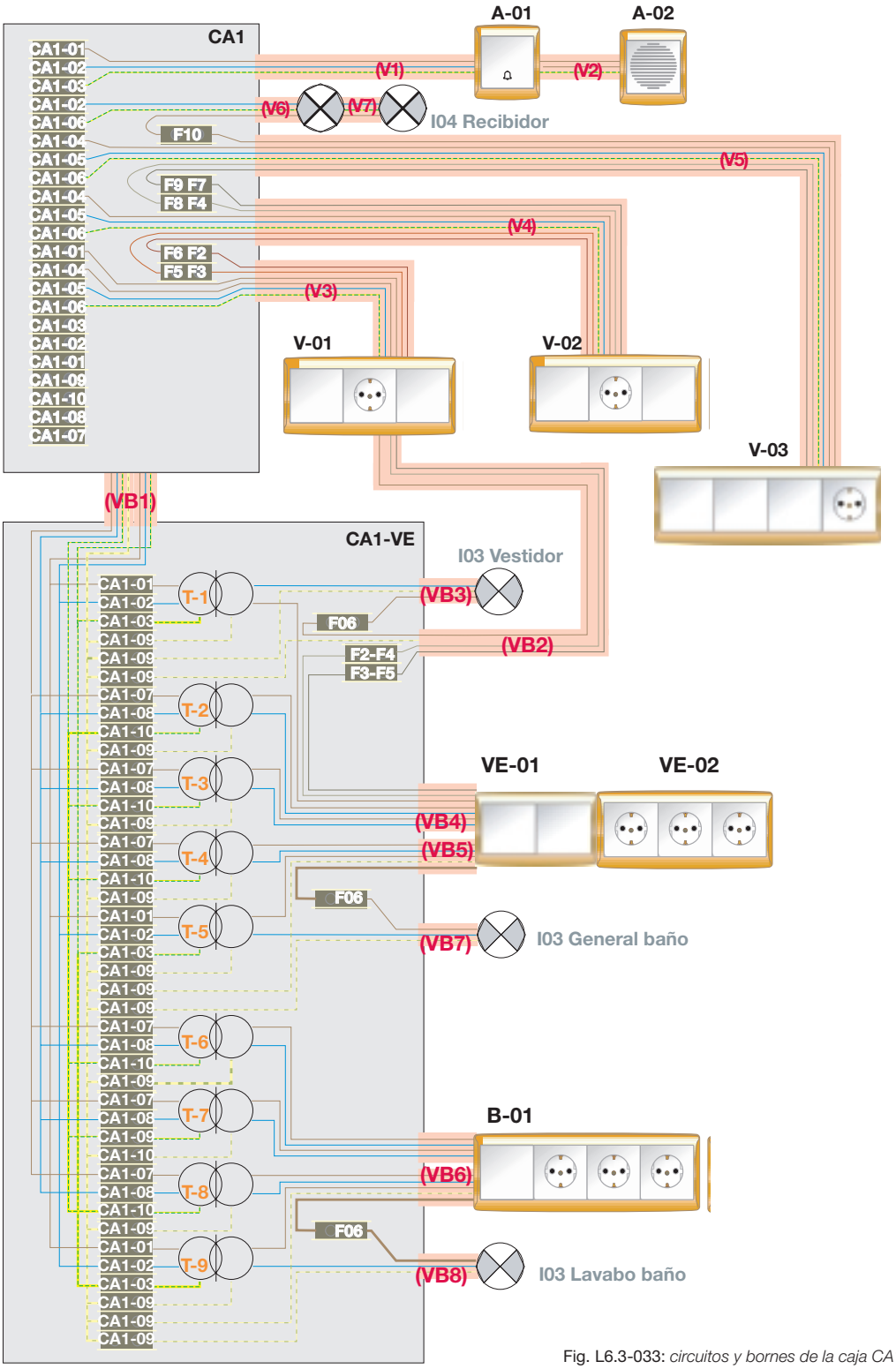


Fig. L6.3-033: *circuitos y bornes de la caja CA1.*

Cargas y circuitos de la cocina

En la cocina tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1, cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2, tomas de corriente derivadas de la línea C_5 para los utensilios móviles utilizados en la cocina, el horno y la cocina alimentados desde la línea C_3, la lavadora, el lavavajillas y el termo alimentados desde la línea C_4, la carga correspondiente al encendido, control y circulación de agua caliente de la calefacción a gas, conectada a la línea C_8 y el control de los posibles escapes de gas, conectado a la salida del SAI de la línea C_{11}.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA2, bornes CA2-01 y CA2-02 para los conductores activos y el CA2-03 para el conductor de protección:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm² (sección suficiente para los 0,71 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

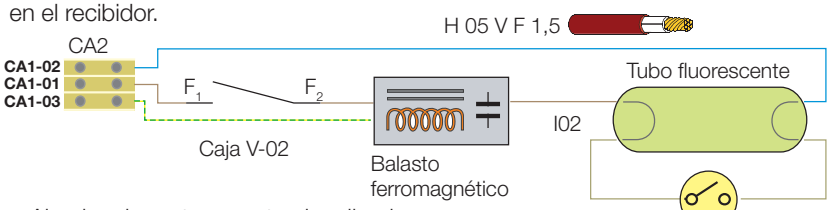
■ Conducciones:

□ Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA2 hasta las cajas de mecanismos C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, C-06 y hasta los puntos luz situados en el techo.

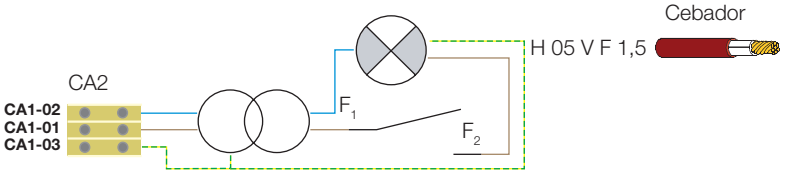
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/243 del 1.er Volumen.

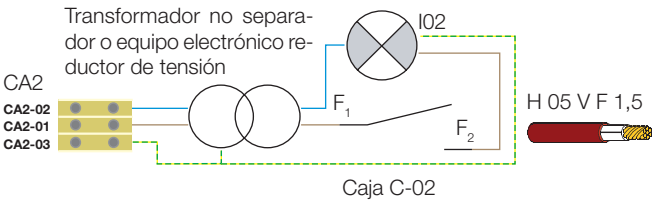
■ Esquema del circuito:

□ Alumbrado general constituido por un tubo fluorescente con balasto ferromagnético comandado por un interruptor situado en la caja de entrada V-02 situada en el recibidor.



□ Alumbrado en tres puntos localizados.





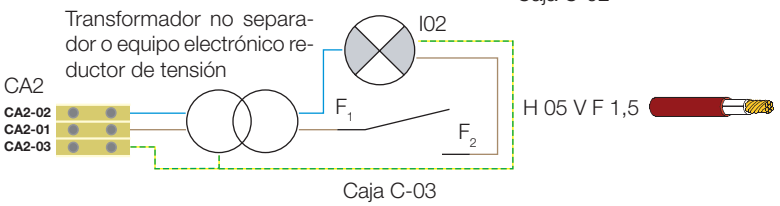


Fig. L6.3-034: *esquema correspondiente al alumbrado de la cocina.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las dos tomas de corriente previstas, frigorífico y extractor es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 2\ ud = 345\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{345\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 1,63\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-04 y CA2-05 para los conductores activos y el CA2-06 para el conductor de protección; hasta una caja de mecanismos C-04:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 1,63 A de la carga) H 05 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito:

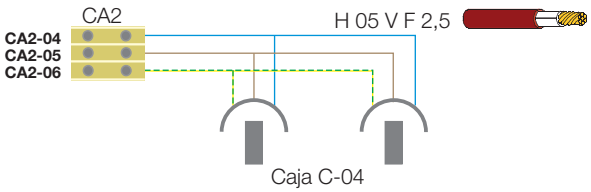


Fig. L6.3-035: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_2 de la cocina.*

Toma de corriente horno eléctrico

La carga correspondiente a la toma de corriente prevista para el horno eléctrico es de:

$$P = 5.400\ W \cdot 0,75 = 4.050\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{4.050\ W}{230\ V \cdot 1} = 17,60\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_3 de tomas de corriente para la cocina y el horno, en este caso la cocina es de gas, pero necesita una toma de corriente para el encendido eléctrico del gas y desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-11 y CA2-12 para los conductores activos y el CA2-13 para el conductor de protección; hasta una caja de mecanismos C-05:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 6 mm² para la alimentación de la cocina y el horno (según la ITC-BT-25), pero en esta ocasión se trata de un solo elemento de consumo eléctrico. Si consideramos el consumo previsto de 5.400 W 23,5 A a plena carga y los 17,60 A con un factor de utilización k_u (F_u) de 0,75. Un conductor de 4 mm² capaz de conducir permanentemente 22 A (según Tabla F7-132 página F/257 del 1.er Volumen) sección suficiente para los 17,60 A permanentes o para los 23,5 A esporádicos de la carga) H 07 V F 4 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito:

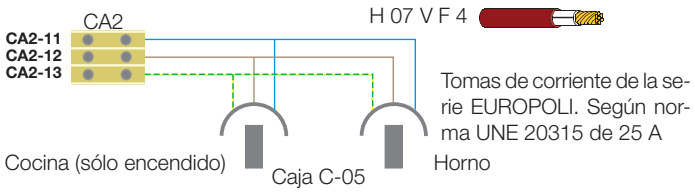


Fig. L6.3-036: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_3 de la cocina.*

Tomas de corriente para la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico

La carga correspondiente a las tomas de corriente previstas para la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,66 \cdot 0,75 \cdot 3 = 5.123,25\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{5.123,25\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 24,21\ A$$

Si aceptamos la alternativa de que sólo debe funcionar la lavadora y el termo o el lavavajillas y el termo tendremos:

$$P = 3.450\,W \cdot 0,66 \cdot 0,75 \cdot 2 = 3.415,5\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{3.415,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 16,15\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_4 de tomas de corriente para la lavadora, el lavavajillas y el termo, desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-14 y CA2-15 para los conductores activos y el CA2-16 para el conductor de protección; hasta un cuadro intermedio para el control del consumo y de éste a una caja de mecanismos C-05:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 4 mm² para la alimentación del lavavajillas, la lavadora y el termo (según la ITC-BT-25) pero en esta ocasión se trata de solo dos elementos de consumo eléctrico al unísono. Si consideramos el consumo previsto de 3.450 W para cada uno de los dos elementos con un limitador de consumo máximo a 20 A. Un conductor de 2,5 mm² capaz de conducir permanentemente 24 A (C_2) (según Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen) sección suficiente para los 20 A permanentes H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito:

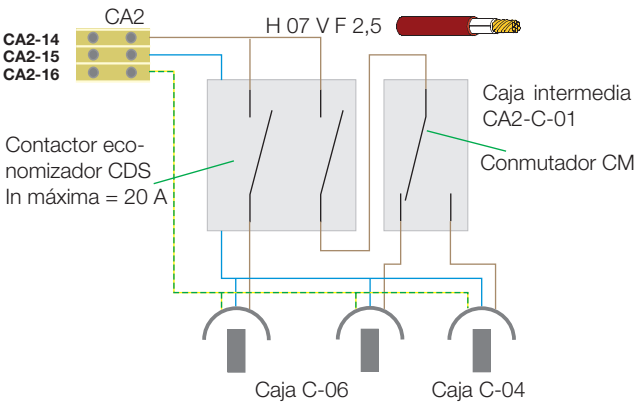


Fig. L6.3-037: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_4 de la cocina.*

Tomas de corriente para la cocina y el baño

La carga correspondiente a las tomas de corriente previstas para los utensilios portátiles de uso en la cocina y el baño, según la ITC-BT-25 especifica un máximo de 6 puntos de conexión. Para el cálculo de la potencia a consumir es correcto, pero nos podemos encontrar con la necesidad de utilización de varios utensilios en espacios separados donde la simple colocación de sólo seis puntos de toma de corriente es deficiente, aunque la potencia prevista es muy superior a los consumos de estos utensilios; doblar el número de tomas de corriente es una solución más acorde a la necesidad de la utilización.

$$P = 3.450\,W \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 6\,ud = 4.140\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{4.140\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 19,57\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_5 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-07 y CA2-08 para los conductores activos y el CA2-10 para el conductor de protección; hasta varias cajas de mecanismos C-01, C-02 y C-03:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² capaz de conducir permanentemente 24 A (C_2) según Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen, (sección suficiente para los 19,57 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito:

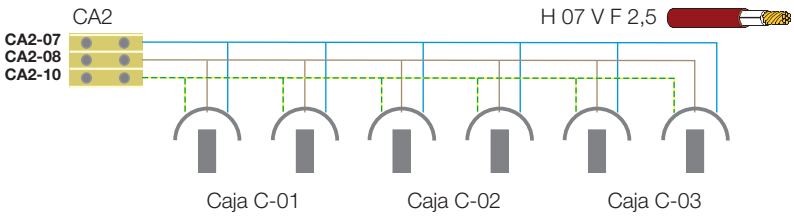


Fig. L6.3-038: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_5 de la cocina.*

Circuito para la automatización

La ITC-BT-25 prevé una potencia máxima permisible de 2.300 W y no prevé la utilización de este circuito en la electrificación básica.

Por criterios de seguridad es conveniente un circuito de automatización en la electrificación básica. La utilización de gas ciudad, propano o butano implica un riesgo de explosión y las construcciones de los locales de viviendas no están preparados para soportar estos esfuerzos.

Los equipos de control y detección de la presencia de gas permiten cerrar la electroválvula de entrada y la activación de un extractor, reduciendo de esta forma el riesgo de accidente.

El circuito debe tener garantía de alimentación constante y por tanto derivaremos la alimentación del SAI de suministro al sistema de alarmas e informática, y lo trataremos por medio del sistema domótico:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 para la alimentación del circuito C_{11} automatización (según la ITC-BT-25) pero en esta ocasión se trata de sólo tres elementos de consumo eléctrico al unísono, que no superan los 1.000 W unos 5 A. Un conductor de 1,5 mm^2 capaz de conducir permanentemente 12,5 A (C_1) (según Tabla F7-132, página F/257 del 1.er Volumen) es una sección suficiente para los 5 A, H 07 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

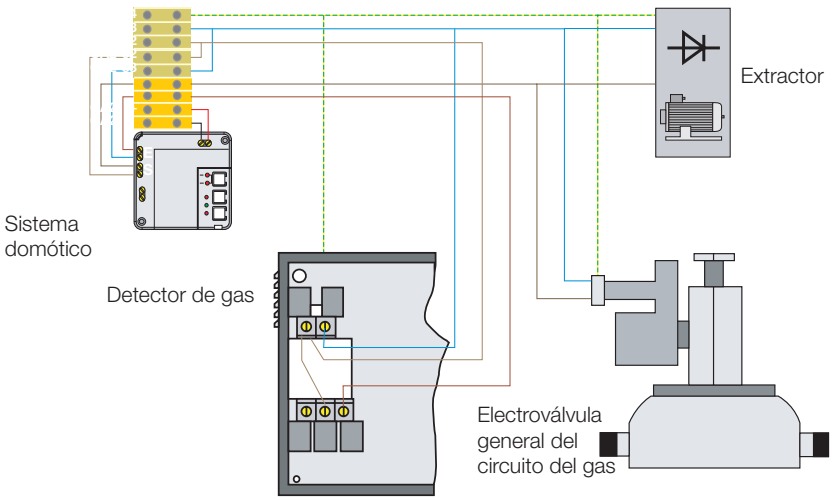


Fig. L6.3-039: *esquema control de fugas de gas ciudad.*

Conducciones en la cocina

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA2 hasta las cajas de mecanismos:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.
■ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente, coincidentes en una misma caja permite que el conductor de protección pueda ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2).

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-01 (C1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, dos conductores, fase y neutro de la línea C_1, de 1,5 mm^2 y tres conductores fase neutro y conductor de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-01 de tres elementos, un conmutador y dos bases de toma de corriente:
□ Interruptor para el punto luz I02.
□ Dos bases toma corriente de la línea C_5.

Conducciones entre la caja de mecanismos C-01 y el punto luz I02 (C2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, retorno de fase puente (2), neutro y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja de mecanismos C-01 y la caja de mecanismos C-02 (C3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, dos conductores, fase y neutro de la línea C_1, de 1,5 mm^2 y tres conductores fase neutro y conductor de protección de la línea C_5, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-02 de tres elementos, un conmutador y dos bases de toma de corriente:
□ Interruptor para el punto luz I02.
□ Dos bases toma corriente de la línea C_5.

Conducciones entre la caja C-02 y el punto luz I02 (C4)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, retorno de fase puente (2), neutro y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja C-03 (C5)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, dos conductores, fase y neutro de la línea C_1, de 1,5 mm^2 y tres conductores fase neutro y conductor de protección de la línea C_5, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-03 de tres elementos, un conmutador y dos bases de toma de corriente.
□ Interruptor para el punto luz I02.
□ Dos bases toma corriente de la línea C_5.

Conducciones entre la caja C-03 y el punto luz I02 (C6)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, retorno de fase puente (2), neutro y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja V-02 (C7)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, fase, retorno de fase de la línea C_1, de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos V-01 de tres elementos, un interruptor, un conmutador y una base de toma de corriente:
□ Conmutador para el alumbrado del recibidor.
□ Interruptor para el alumbrado general de la cocina.
□ Una base toma corriente de la línea C_2.

Conducciones entre la caja CA2 y el punto luz I02 (C8)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, retorno de fase puente (F2), neutro y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja C-04 (C9)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_2, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-04 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Una base toma corriente de la línea C_2 para el frigorífico.
□ Una base toma corriente de la línea C_4 para el termo.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja C-05 (C10)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_2, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-05 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Una base toma corriente de la línea C_2 para el extractor de la campana.
□ Una base toma corriente de la línea C_8 de calefacción para el quemador de gas y la bomba de circulación de agua caliente.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja C-06 (C11)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_3, de 4 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-06 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:

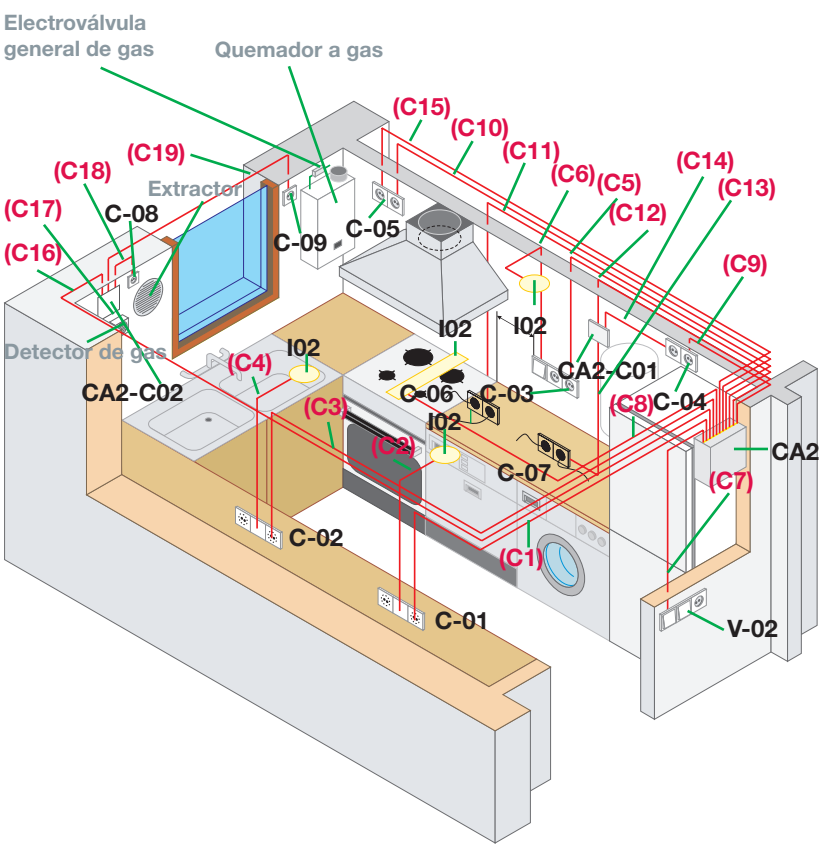


Fig. L6.3-040: *situación física del circuito de distribución en la cocina.*

□ Una base toma corriente de la línea C_3 para el horno.
□ Una base toma corriente de la línea C_3 para el encendido del gas en la cocina.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja CA2-C01 (C12)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 4 mm^2.
La caja ubica los equipos de control de la lavadora, el lavavajillas y el termo.

Conducciones entre la caja CA2-CA1 y la caja C-07 de mecanismos (C13)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, dos de fase, dos de neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-07 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Una base toma corriente para la lavadora.
□ Una base toma corriente para el lavavajillas.

Conducciones entre la caja CA2-CA1 y la caja C-04 de mecanismos (C14)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-04 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Una base toma corriente de la línea C_2 para el frigorífico.
□ Una base toma corriente de la línea C_4 para el termo.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-05 (C15)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_8, de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-05 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Una base toma corriente de la línea C_2 para el extractor de la campana.
□ Una base toma corriente de la línea C_8 de calefacción para el quemador de gas y la bomba de circulación de agua caliente.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja CA2-C02 (C16)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la salida del SAI de la línea C_{11}, de 1,5 mm^2.
La caja ubica los equipos de control de la detección de fugas de gas.

Conducciones entre la caja CA2-CA1 y el detector de gas (C17)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, fase, retorno fase, neutro y conductor de protección de la línea de salida del SAI de la línea C_{11}, de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2-CA1 y la caja de mecanismos C-08 (C18)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, retorno fase del controlador del sistema domótico, neutro y conductor de protección de la línea de salida del SAI de la línea C_{11}, de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-08 de un elemento, una base de toma de corriente:
□ Una base toma corriente de la línea C_{11} (SAI) para el extractor de la expulsión de aire con presencia de gas.

Conducciones entre la caja CA2-CA1 y la caja C-09 (C19)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, retorno fase del controlador del sistema domótico, neutro y conductor de protección de la línea de salida del SAI de la línea C_{11}, de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-09 de un elemento, una base de toma de corriente:
□ Una base toma corriente de la línea C_{11} (SAI) para la alimentación de la electroválvula de paso general del gas.

Caja de conexiones y de mecanismos correspondientes a la caja CA2

Incluye el suministro energético de la cocina.

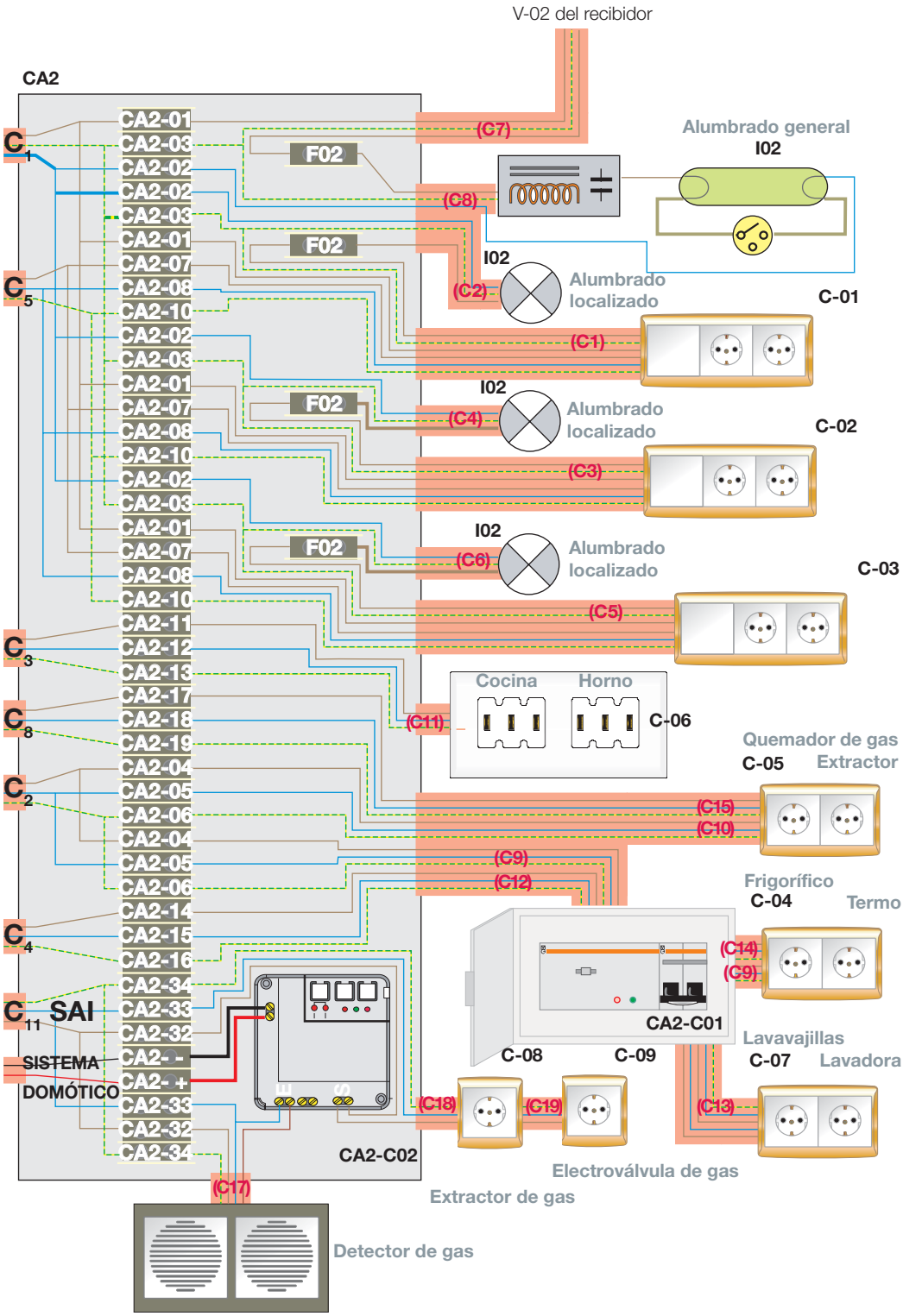


Fig. L6.3-041: *circuitos y bornes de la caja CA2.*

Cargas y circuitos del dormitorio de doble cama

En el dormitorio doble solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y desde la caja de derivación CA3, bornes CA3-01 y CA3-02 para los conductores activos y el CA3-03 para el conductor de protección:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,9 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Conducciones:

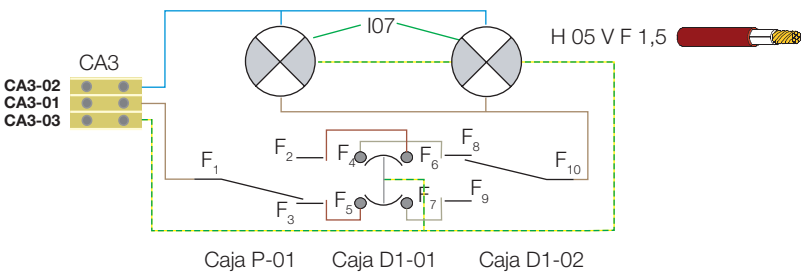
□ Las conducciones se sitúan desde la caja general CA3 a la de mecanismos DM-01, DM-02, DM-03 y hasta los puntos luz situados en el techo.

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponde a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.

□ Los conductos según Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen.

■ Esquema del circuito:

□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandado desde tres puntos por un interruptor situado en la caja de entrada P-1 situada en el pasillo, conmutador de cruzamiento situado en la caja D1-01 e interruptor situado en la caja D1-02.



□ Alumbrado en dos puntos localizados.

Este alumbrado se sitúa en las cabeceras de las camas y con acceso a la línea C_1 a través de una toma de corriente y un interruptor situado en la caja D1-01 para la cama de la derecha y en la caja D1-02 para la de la izquierda.

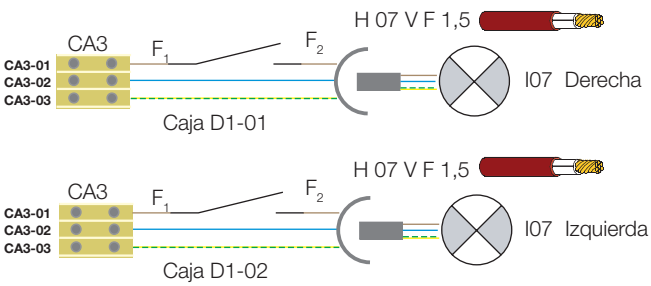


Fig. L6.3-042: *esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de doble cama.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}25 \cdot 4\ ud = 690\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{690\ W}{230\ V \cdot 0{,}92} = 3{,}26\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-04 y CA3-05 para los conductores activos y el CA3-06 para el conductor de protección:

■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito.

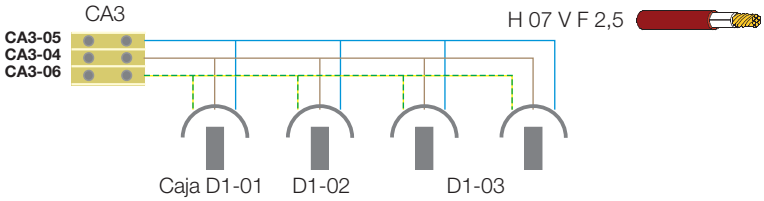


Fig. L6.3-043: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio de doble cama.*

Situación cargas en el dormitorio D1

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos P-01 (D1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, la fase y el conductor de protección de la línea C_1 de 1,5 mm² y:
□ Los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm² (para el alumbrado general del dormitorio 1).
□ Los puentes (F2-F4) y (F3-F5) de 1,5 mm² (para el alumbrado general del pasillo repartidor).

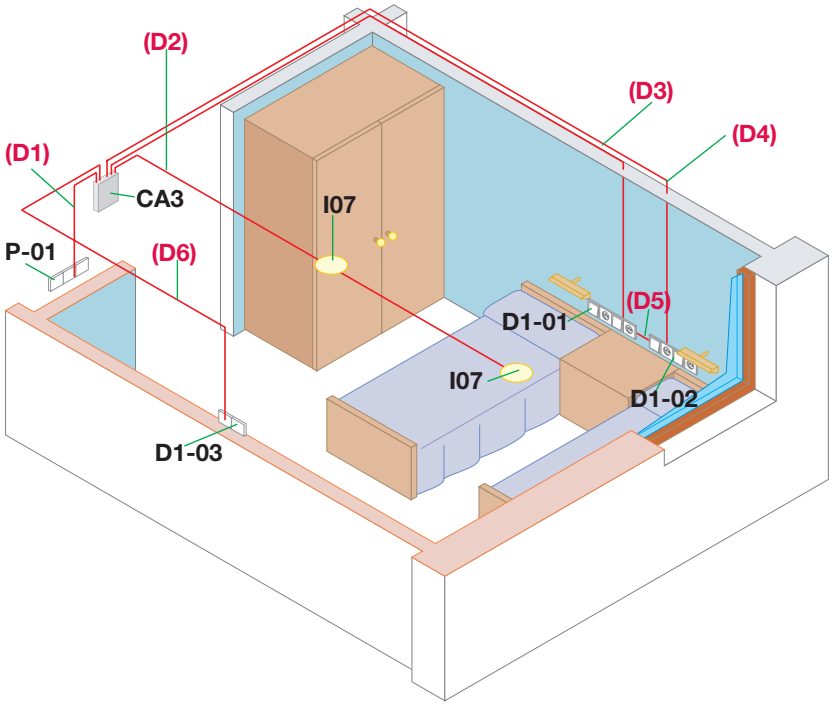


Fig. L6.3-044: *perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de doble cama D1.*

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores; tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm² y dos puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm² (para el alumbrado general del dormitorio DM).
■ Caja de mecanismos P-01 de cuatro elementos, tres conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el pasillo.
□ Conmutador para el dormitorio D1.
□ Conmutador para el dormitorio DM.

Conducciones entre la caja CA3 y el punto luz general I07 (D2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F10), el neutro y el conductor de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos D1-01 (D3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y los puentes (F-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general del dormitorio 1).

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos D1-02 (D4)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores; tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2 y el retorno de la fase puente (F10) del alumbrado general de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja D1-01 y la caja de mecanismos D1-02 (D5)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores:
□ Dos conductores, la fase y el neutro de la línea C_1 de 1,5 mm^2.
□ Dos conductores, la fase y el neutro de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
□ Dos puentes (F4-F8) y (F7-F9) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general del dormitorio D1).

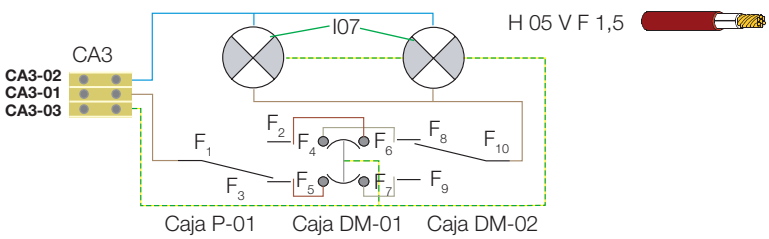
Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos D1-03 (D6)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

L
6.3

Cargas y circuitos del dormitorio de cama doble

En el dormitorio de cama doble solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado
La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-01 y CA3-02 para los conductores activos y el CA3-03 para el conductor de protección:
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,9 A de la carga) H 05 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Conducciones:
□ Las conducciones se sitúan desde la caja general CA3 a la de mecanismos D1-01, D1-02, D1-03 y hasta los puntos luz situados en el techo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.
□ Los conductos (según Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito:



□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandadas desde tres puntos por un conmutador situado en la caja de entrada P-1 situada en el pasillo, conmutador de cruzamiento situado en la caja D1-01 y el conmutador situado en la caja D1-02.
□ Alumbrado en dos puntos localizados.
Este alumbrado se sitúa en las mesillas de noche y con acceso a la línea C_1 a través de una toma de corriente y un interruptor situado en la caja DM-01 para la mesilla de la derecha y en la caja DM-02 para la de la izquierda.

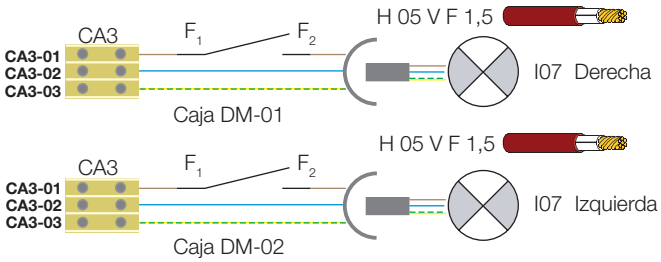


Fig. L6.3-045: *esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de cama doble DM.*

Tomas de corriente
La carga correspondiente a las tres tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 4\ ud = 690\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{690\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 3,26\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-04 y CA3-05 para los conductores activos y el CA3-06 para el conductor de protección:
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito:

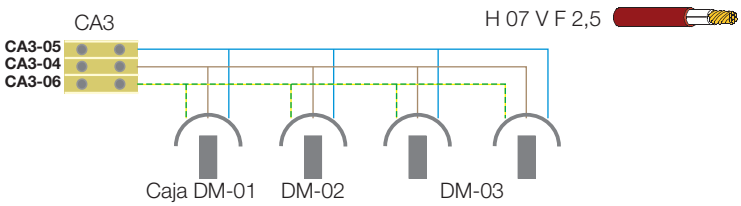


Fig. L6.3-046: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio de cama doble DM.*

Situación cargas en el dormitorio de cama doble DM

Conducciones entre la caja CA3 y el punto luz general I06 (DM1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F10), el neutro y el conductor de protección de la línea C_1 de 1,5 mm².
Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos DM-01 (DM2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm² y los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm² (para el alumbrado general del dormitorio 1).
Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos DM-02 (DM3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores; tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm² y el retorno de la fase del alumbrado general puente (F10) de 1,5 mm².
Conducciones entre la caja DM-01 y la caja de mecanismos DM-02 (DM4)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores:
□ Dos conductores, la fase y el neutro de la línea C_1 de 1,5 mm².

□ Dos conductores, la fase y el neutro de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
□ Dos puentes (F4-F8) y (F7-F9) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general del dormitorio D1).

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos DM-03 (DM5)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos P-01 (D1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, la fase y el conductor de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general del dormitorio D1).

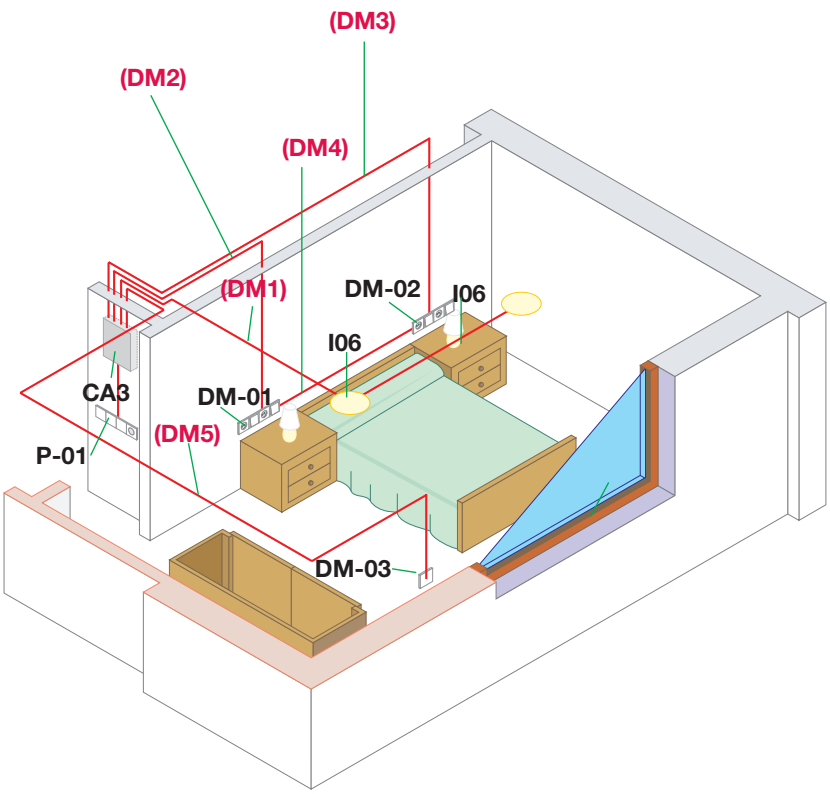


Fig. L6.3-047: *perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de cama doble DM.*

Cargas y circuitos del pasillo repartidor

En el pasillo solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-01 y CA3-02 para los conductores activos y el CA3-03 para el conductor de protección:
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,25 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Conducciones:
□ Las conducciones se sitúan desde la caja general CA3 a la de mecanismos P-01 y V-03, hasta el punto luz situado en el techo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características de tubo corresponde a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).
□ Los conductos (según Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito.
Alumbrado general constituido por una lámpara incandescente comandada desde dos puntos por un conmutador situado en la caja del vestíbulo V-03 a la entrada del pasillo y otro conmutador situado en la caja P-01 del pasillo.

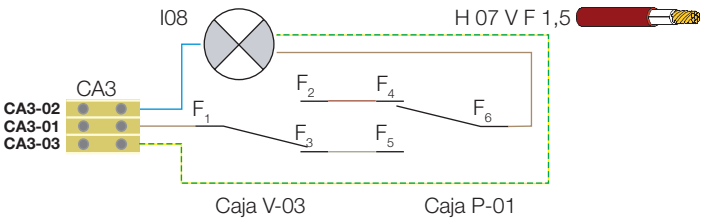


Fig. L6.3-048: *esquema correspondiente al alumbrado del pasillo.*

Tomas de corriente
La carga correspondiente a las tres tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 1\ ud = 172,5\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{172,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 0,82\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-04 y CA3-05 para los conductores activos y el CA3-06 para el conductor de protección.
Las tomas de corriente están situada en la caja del pasillo P-01.
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 1,63 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito:

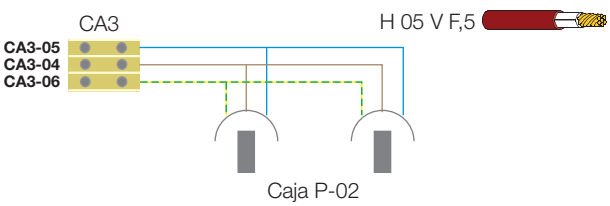


Fig. L6.3-049: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del pasillo.*

Situación cargas en el pasillo repartidor

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos V-03 (P1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6), y dos puentes (F4-F8) y (F7-F9) de 1,5 mm² (para el alumbrado general del pasillo).

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos P-01 (P2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 2,5 mm² (para el alumbrado general del pasillo).

Conducciones entre la caja CA3 y el punto luz general I08 (P3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

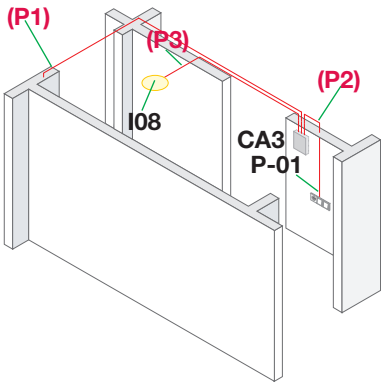


Fig. L6.3-050: *perspectiva de situación de las cargas en el pasillo repartidor.*

Caja de conexiones y de mecanismos correspondientes a la caja CA3

Incluye el suministro energético de los dormitorios y el pasillo.

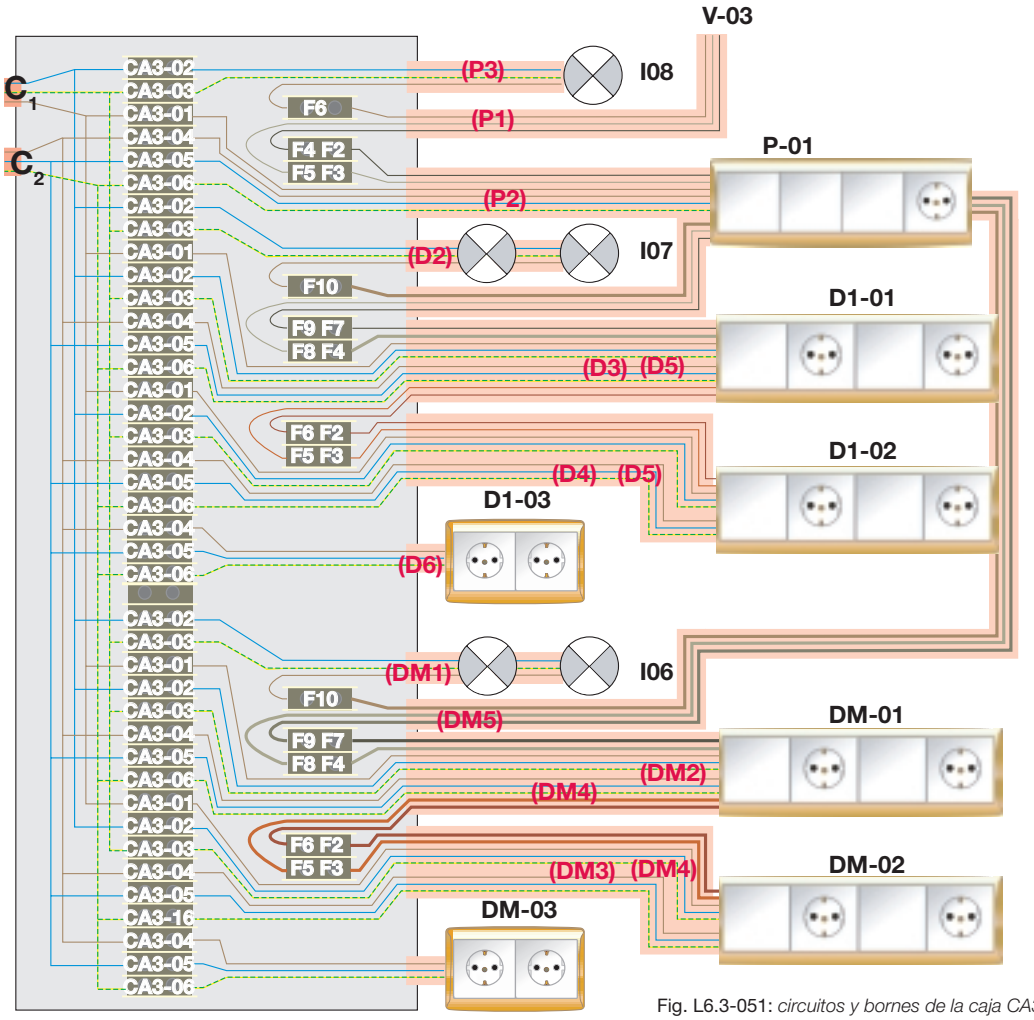


Fig. L6.3-051: *circuitos y bornes de la caja CA3.*

Cargas y circuitos del comedor-sala de estar y terraza

En el comedor-sala de estar solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2. No solamente tenemos estas cargas sino que de una toma de corriente alimentamos el SAI para el equipo informático y de él derivamos una línea para la alimentación del control de escape de gas en la cocina (bornes 32, 33 y 34).

Alumbrado

Las cargas se alimentan del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-01 y CA4-02 para los conductores activos y el CA4-03 para el conductor de protección:

■ Conductores.

El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm² (sección suficiente para los 1,1 A de la carga de la sala comedor y los 0,5 de la terraza) H 07 V F 1,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Conducciones:

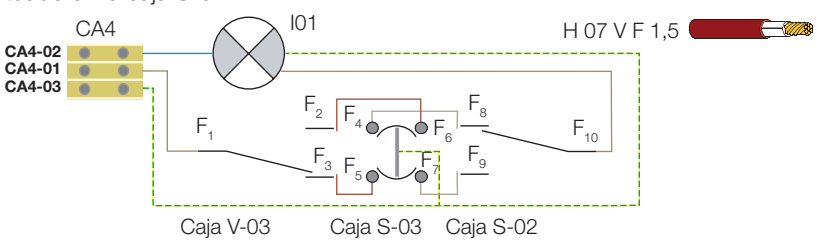
□ Las conducciones desde la caja de mecanismos D1-01 hasta los puntos luz situados en el techo.

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.

□ Para tres conductores fase-neutro-tierra de 1,5 mm² le corresponde un diámetro exterior de 16 mm. Según Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen.

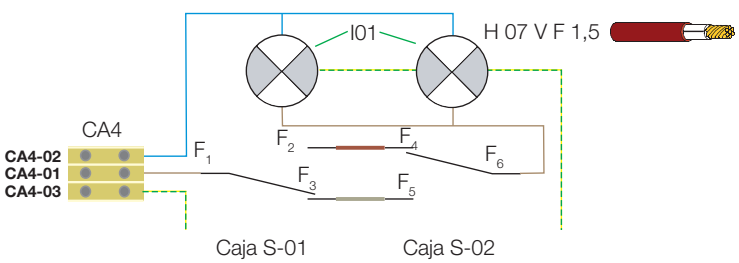
■ Esquema del circuito:

□ Alumbrado general constituido por una lámpara incandescente comandado desde tres puntos por un conmutador en la caja de entrada V-03 situada en el vestíbulo, conmutador de cruzamiento situado en la caja S-03 y conmutador situado en la caja S-02.



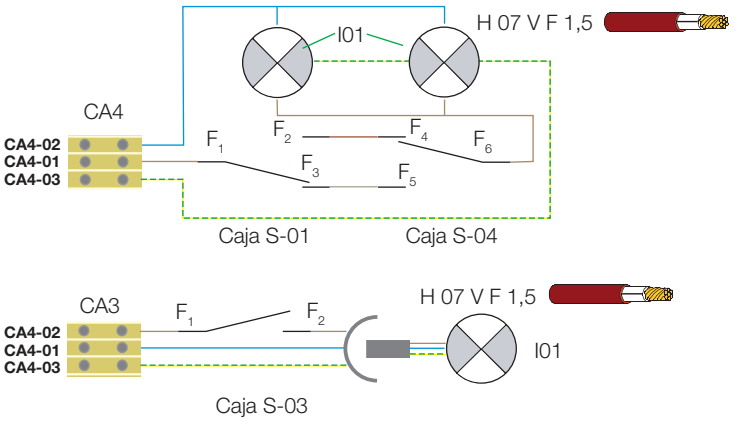
□ Alumbrado en la zona comedor.

Este alumbrado se sitúa encima de la mesa del comedor, está formado por dos lámparas incandescentes y lo podemos activar y desactivar desde dos conmutadores situados en las cajas de mecanismos S-01 y S-02.



□ Alumbrado de la zona de estar.

Este alumbrado se sitúa encima de la zona de los sofás, está formado por dos lámparas incandescentes y lo podemos activar y desactivar desde dos conmutadores situados en las cajas de mecanismos S-01 y S-04. Disponemos de un alumbrado complementario para una lámpara de pie que se alimenta a través de un interruptor y una base de toma de corriente situados en la caja de mecanismos S-03.



□ Alumbrado de la zona de la terraza.
Este alumbrado se sitúa en el techo de la terraza, está formado por dos lámparas incandescentes y lo podemos activar y desactivar desde un interruptor situado en las caja de mecanismos S-02.

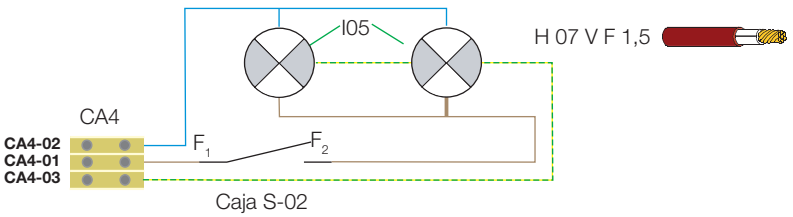


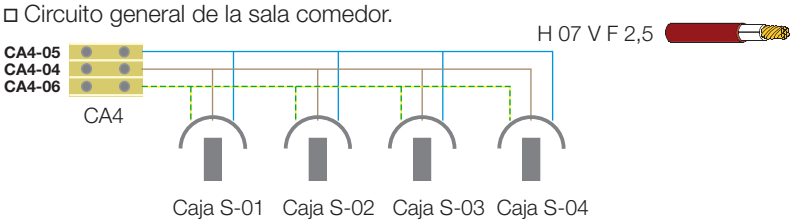
Fig. L6.3-052: *esquema correspondiente al alumbrado de la sala-comedor y terraza.*

L
6.3

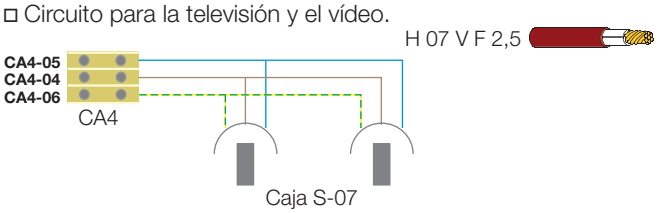
Tomas de corriente
La carga correspondiente a las 9 tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 14\ ud = 2.415\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{2.415\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 11,4\ A$$

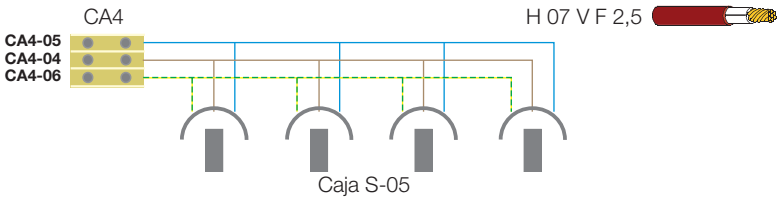
La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-04 y CA4-05 para los conductores activos y el CA4-06 para el conductor de protección:
■ Conductores.
El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 8,15 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según Tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito:
□ Circuito general de la sala comedor.



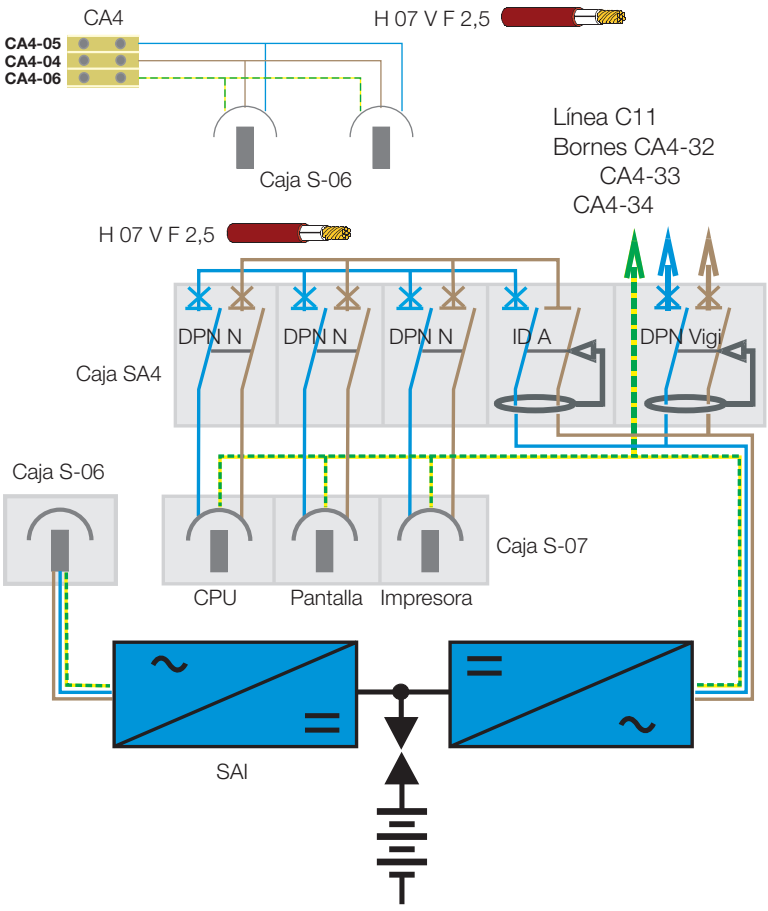
□ Circuito para la televisión y el vídeo.



□ Circuito para el equipo de música.



□ Circuito para el SAI y el equipo informático.



□ Circuito para la terraza.

En la terraza debemos considerar la posibilidad de que el cuerpo humano esté mojado de manos como en la cocina, por tanto derivaremos las tomas de corriente de la línea C_5 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-13 y CA4-14 para los conductores activos y el CA4-15 para el conductor de protección.

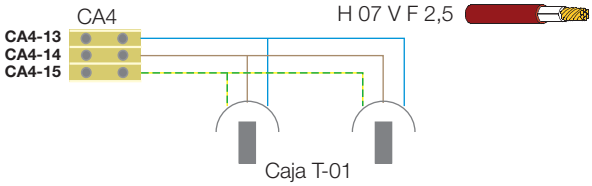


Fig. L6.3-053: *esquema correspondiente a las tomas de corriente de la sala-comedor y la terraza.*

Situación cargas en el comedor-sala de estar y terraza

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos V-03 (S1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase de la línea C_1, y dos puentes (F4-F8) y (F7-F9) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general de la sala comedor).

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-03 (S2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, la fase, el neutro de la línea C_1, cuatro puentes (F2-F6) y (F3-F5) del alumbrado de la mesa del comedor, (F4-F8) y (F7-F9) del alumbrado general de la sala del comedor, de 1,5 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2.

■ Caja de cuatro mecanismos, dos conmutadores y dos tomas de corriente:

□ Conmutador de cruzamiento para el encendido del alumbrado general del comedor.

□ Interruptor para alimentar una base de toma de corriente de alumbrado.

□ Base de toma de corriente dependiendo del interruptor, para una lámpara local.

□ Base toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-02 (S3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores: dos puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2 (del alumbrado general), el retorno de la fase (F6) del alumbrado de la mesa del comedor, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_1.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores: tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2, los puentes (F4-F2) y (F5-F3) de 1,5 mm^2 (del alumbrado de la mesa del comedor).

■ Caja de cuatro mecanismos, tres conmutadores y una toma de corriente:

□ Conmutador para el encendido del alumbrado general de la sala comedor.

□ Interruptor para el encendido del alumbrado de la terraza.

□ Conmutador para el encendido del alumbrado de la mesa del comedor.

□ Base toma de corriente.

Conducciones entre la caja de mecanismos S-02 y los puntos luz de la terraza I05 (S4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general de la terraza).

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz de alumbrado general de la sala comedor I01 (S5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2 (para el alumbrado general de la sala-comedor).

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-01 (S6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, la fase, el conductor de protección de la línea C_1, dos puentes (F2-F4) y (F3-F5) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado de la mesa del comedor), dos puentes (F2-F4) y (F3-F5) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado de la zona de sofás).

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de tres mecanismos, dos conmutadores y una toma de corriente:

□ Conmutador para el encendido del alumbrado de la mesa comedor.

□ Conmutador para el encendido del alumbrado de la zona de sofás.
□ Base toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-04 (S7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, el retorno de la fase puente (F6), de la línea C_1, dos puentes (F2-F4) y F3-F5) de 1,5 mm^2 (para el alumbrado de la zona de sofás), tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de dos mecanismos, un conmutador y una toma de corriente:
□ Conmutador para el encendido del alumbrado de la zona de sofás.
□ Base toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz de alumbrado de la mesa del comedor I01 (S8)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6), el neutro y el conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2 (para el alumbrado de la mesa del comedor)

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz de alumbrado de la zona de sofás I01 (S9)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6), el neutro y el conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2 (para el alumbrado de la zona de sofás).

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-05 (S10)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de cuatro mecanismos, cuatro tomas de corriente (equipo de música).

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-07 (S11)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de tres mecanismos, dos tomas de corriente y toma de antena de TV.
■ Caja de cuatro mecanismos, dos tomas de corriente y dos tomas de teléfono.

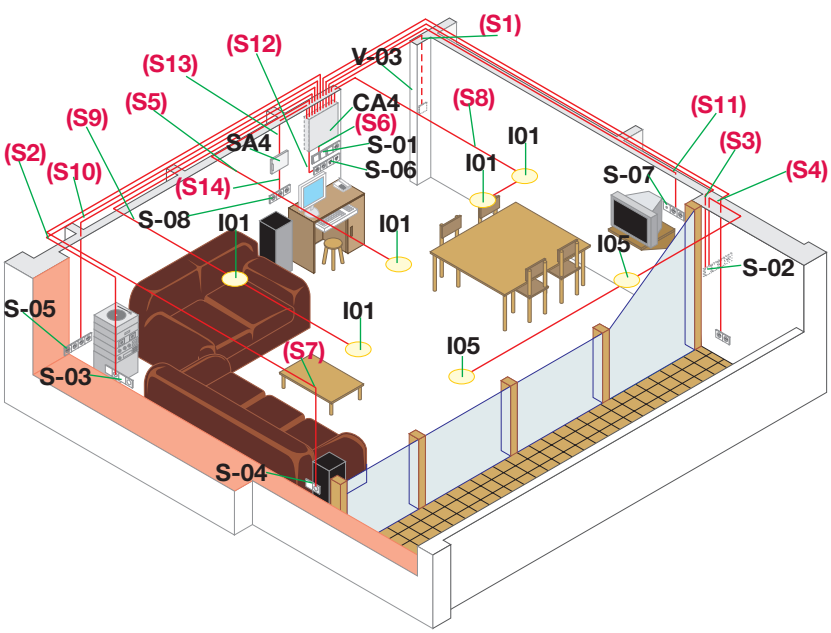


Fig. L6.3-054: *perspectiva de situación de las cargas en el comedor-sala de estar.*

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos S-06 (S12)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

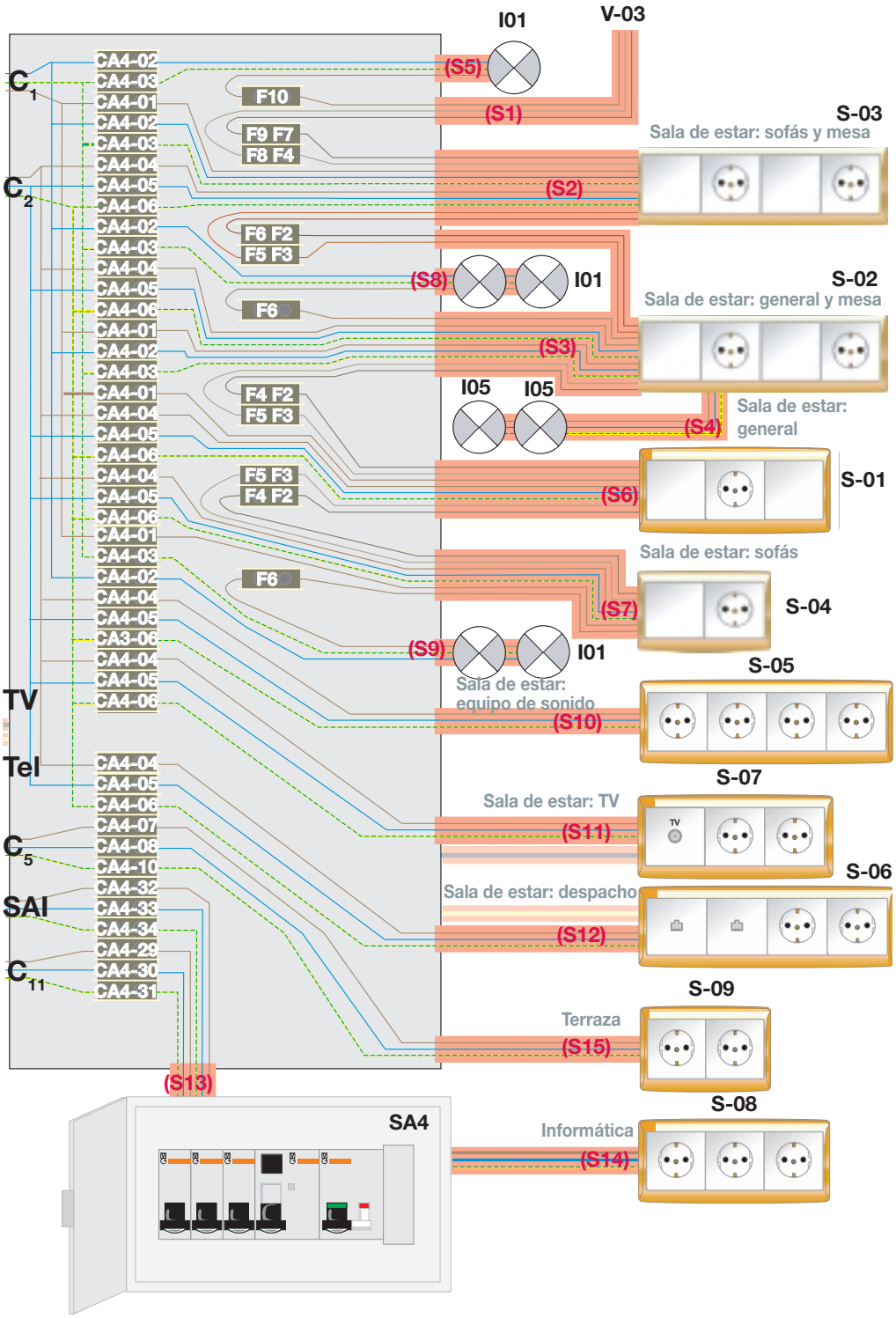


Fig. L6.3-055: *circuitos y bornes de la caja CA4.*

Conducciones entre la caja CA4 y la del cuadro de control SA4 (S13)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con seis conductores, tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_{11}, tres conductores de la línea de salida del SAI, bornes CA4-32, CA4-33 y CA4-34 de salida del SAI de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja SA4 y la caja de mecanismos S-08 (S14)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con siete conductores, la fase y el neutro de la toma de corriente 1, la fase y el neutro de la toma de corriente 2, y la fase y el neutro de la toma de corriente 3.

■ Caja de tres mecanismos, tres toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA4 y el cuadro de control S-09 (S15)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores: la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_5.

■ Caja de dos mecanismos, dos toma de corriente.

Cuadro general de distribución

■ Interruptor automático general 2 polos C60N.

■ Interruptor a corriente diferencial residual ID clase A selectivo S con interruptores a corriente diferencial residual de 30 mA.

■ Descargador de sobretensiones PFR. Interruptor automático de protección DPN N de 16 A, 6 kA, contacto auxiliar OF, indicador luminoso V rojo, zumbador R.

■ Salida C_1. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Salida C_2. Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Salida C_3. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Salida C_4. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Salida C_5. Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Salida C_8. Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Salida C_{11}. Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica y de seguridad, cuando existe previsión de éste. Interruptor automático magnetotérmico e interruptor a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Circuito de seguridad alimentado a través del SAI, bornes CA32, CA33, CA34. Las protecciones están situadas en el cuadro SA4. En el CGD se sitúa la fuente de alimentación del sistema domótico para el control de fugas de gas.

■ Borne de toma de tierra principal:

□ Borne de toma de tierra del descargador de sobretensiones.

□ Borne de puesta a tierra de las derivaciones.

□ Borne de puesta a tierra de la red de equipotencialidad del baño.

Esquema del circuito del cuadro general de distribución, electrificación básica

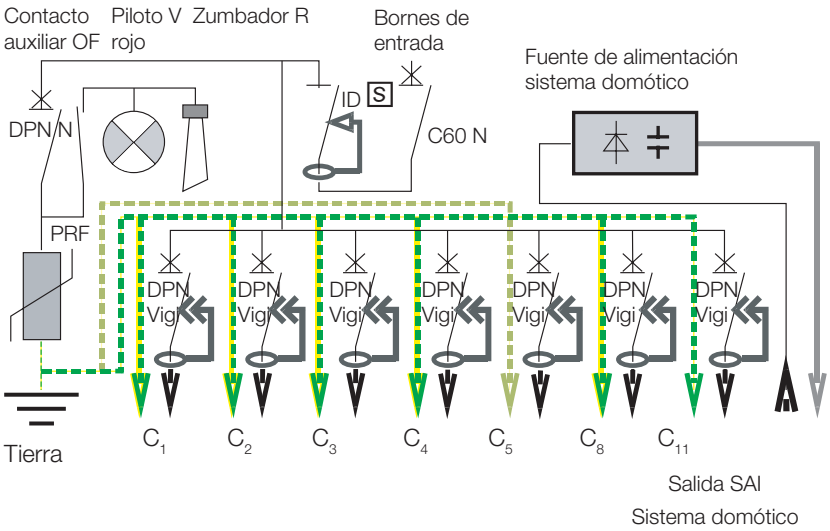


Fig. L6.3-056: *esquema del cuadro general.*

Cuadro general de distribución electrificación básica

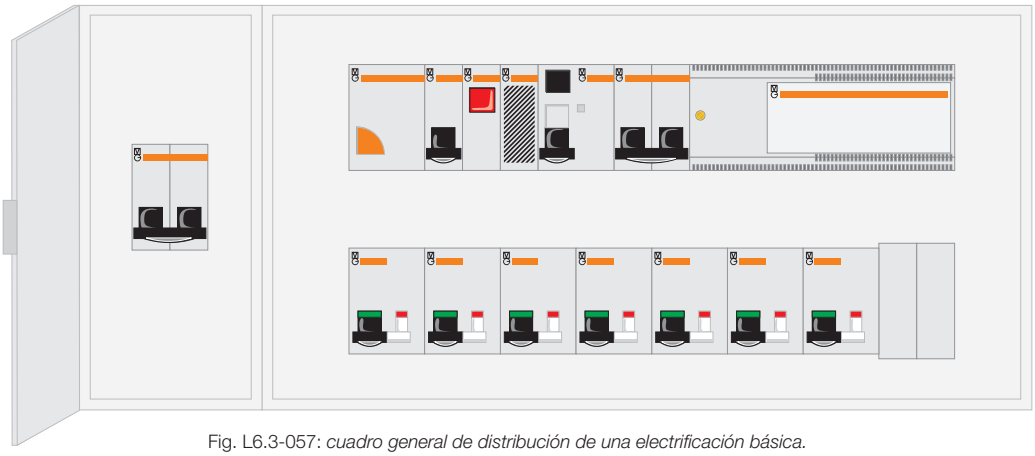


Fig. L6.3-057: *cuadro general de distribución de una electrificación básica.*

Tomas de corriente previstas

Instaladas		Mínimo	Instaladas		Mínimo
Derivadas de la línea C_2			Derivadas de la línea C_1		
Vestíbulo	3	1	Dormitorio D1	2	-
Cocina	2	2	Dormitorio DM	2	-
Dormitorio D1	4	3	Sala de estar comedor	1	-
Dormitorio DM	4	3	**Total C_1**	**5**	**-**
Pasillo repartidor	1	1	Derivadas de la línea C_3		
Sala de estar-comedor	10	3	Cocina	2	1
Total C_1	**24**		Derivadas de la línea C_4		
Derivadas de la línea C_5			Cocina	3	3
Baño	3	1	Derivadas de la línea C_8		
Vestidor	3	-	Cocina	1	1
Cocina	6	3	Derivadas de la línea C_{11}		
Terraza	2	-	Sala de estar comedor	4	-
Total C_5	**14**		Cocina	2	-
			Total C_{11}	**6**	**-**

6.3.1.4. Electrificación elevada

En los esquemas desarrollados en este manual disponemos de viviendas apareadas con electrificación elevada, en las que la cocina, el horno, el termo, la calefacción y el acondicionamiento funcionan con energía eléctrica.
Disponemos de unas alarmas de detección de defectos para comunicar a alguna central de servicios. También disponen de equipo informático para atender las necesidades de hoy en día. Todos estos equipos están alimentados a través de un SAI. Las cargas eléctricas derivadas de estos equipos las conectaremos al circuito C_{11} de automatización.

Circuitos básicos de una electrificación elevada

Circuitos correspondientes a una electrificación base, que sirven como base de una electrificación elevada y mantienen útiles los comentarios realizados sobre cada uno de ellos en la electrificación básica (página L/468):

■ **C_1.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar los puntos de iluminación (página L/474).

■ **C_2.** Circuito de distribución interna destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico (página L/475).

■ **C_3.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la cocina y el horno (página L/477).

■ **C_4.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico (página L/479).

■ **C_5.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina (página L/483).

Circuitos a ampliar en una electrificación elevada

■ **C_6.** Circuito adicional del tipo C_1 por cada 30 puntos de luz.
Se trata de una simple ampliación del circuito C_1 para no concentrar demasiadas cargas en un mismo circuito, y poder disponer de la versatilidad que permite la descentralización.

■ **C_7.** Circuito adicional del tipo C_2 por cada 20 tomas de corriente de uso general, o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m^2.
Se trata de una simple ampliación del circuito C_2 para no concentrar demasiadas cargas en un circuito, y poder disponer de la versatilidad que permite la descentralización.

■ **C_8.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta:

□ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 25 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de 6 mm^2.

■ **C_9.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando existe previsión de éste:

□ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 25 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de 6 mm^2.

■ **C_{10}.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de secadora independiente:

□ La ITC-BT-25 prevé que el circuito pueda alimentar una toma de corriente de 16 A 2p + T de 3.450 W a 230 V con un factor de simultaneidad de F_s = 1 y un factor de utilización de F_u = 0,75, esto representa una intensidad de:

$$I = \frac{n \cdot P \cdot F_s \cdot F_u}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{1 \text{ ud} \cdot 3.400 \text{ W} \cdot 1,075}{230 \text{ V} \cdot 0,92} = 12,05 \text{ A}$$

deberemos prever un interruptor automático fase + neutro DPN N curva C de 16 A, con un poder de corte según UNE-EN 60898 de 6.000 A.

□ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 16 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de cobre de 2,5 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC,

empotrados bajo tubo en los muros de la vivienda y aislamiento de PVC, colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) puede conducir permanentemente, según Tabla F7-131, página 255 del 1.er Volumen C1-2,5 mm^2 - 17 A.

■ **C_{11}.** Circuito de distribución interna destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica y de seguridad, cuando existe previsión de éste.
□ La Tabla 1 de la ITC-BT-25 prevé 10 A para el calibre del interruptor y un mínimo de sección de cobre 1,5 mm^2, que a una temperatura ambiente de 40 ºC, empotrados bajo tubo en los muros de la vivienda y aislamiento de PVC, colocando un circuito de tres conductores, fase + neutro + conductor de protección (T) puede conducir permanentemente, según Tabla F7-131, página 255 del 1.er Volumen C13 - 1,5 mm^2 - 11,5 A.

■ **C_{12}.** Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos C_3 o C_4, cuando se prevean, o circuito adicional del tipo C_5, cuando su número de tomas de corriente exceda de 6 unidades.

■ El instalador deberá colocar, de forma visible, una placa que contenga su nombre comercial de contratación, forma de contacto y el grado de electrificación.

Las conducciones

Características generales de los conductores

■ La canalización de cada circuito debe llevar dos conductores activos (fase y neutro) y un conductor de protección (tierra).

■ En una misma canalización se pueden colocar conductores de diferentes circuitos, si estos están aislados en función de la tensión más elevada de los circuitos concurrentes en la conducción.

■ En el caso de alimentación de una carga o conjunto de cargas a través de un transformador de separación o de seguridad, el tramo de circuito aguas abajo del transformador no debe llevar conductor de protección.

■ Todos los conductores de un circuito deben mantener la misma sección.

■ Un conductor neutro no puede ser común a varios circuitos, en cada circuito debe cortarse el conductor neutro.

Naturaleza de los conductores

■ Todos los conductores deben ser aislados y con colores de identificación y con la marca, en cada extremo, del circuito al que pertenecen, según el esquema de la instalación situado en el cuadro general.

■ Los conductores comúnmente más utilizados para el montaje en conductos, molduras o zócalos son:

□ Los conductores rígidos H07 V-U o H07 V-R.
□ Los conductores flexibles H07 V-K.
□ Los cables rígidos FRN 05 V V-U.
□ Los cables flexibles A 05 V V-F.

Ver Tabla F7-093: tabla de designación de los conductores y cables según CENELEC, página F/219 del 1.er Volumen.



■ En el apartado 7.2. “Instalaciones de reparto de energía en instalaciones receptoras”, página F/214, encontraremos todas las posibilidades de realizar las conducciones.

■ En el Volumen 4.º encontraremos las soluciones para el control energético de las viviendas, y en el apartado K5. “El control de la energía de los ejemplos ilustrados en este manual”, página K/355, encontraremos los ejemplos de dos tipos de viviendas individuales.

Consideraciones sobre los circuitos propios de una electrificación elevada

Circuitos correspondientes a la climatización

■ **C_8.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta.

■ **C_9.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando existe previsión de éste.

La climatización

En España disponemos de un clima de bajas y altas temperaturas, con zonas con climatización específica y localizada que no permiten una generalización de la climatización, pero para poder realizar una recomendación de instalación especificaremos tres grupos:

Primer grupo

Zonas en las que durante los doce meses del año, diez necesitan calefacción y dos un poco de ventilación durante una horas del día (zonas frías).

Segundo grupo

Zonas que durante los doce meses del año, cinco necesitan calefacción, tres necesitan calefacción unas horas y ventilación otras, dos necesitan ventilación unas horas y refrigeración y dos necesitan refrigeración (zonas templadas).

Tercer grupo

Zonas que durante los doce meses del año, dos necesitan calefacción, tres necesitan calefacción unas horas y ventilación otras, cuatro necesitan ventilación unas horas y refrigeración otras y tres necesitan refrigeración (zonas calurosas).

La especificación del número de meses es aleatorio sólo para dar un sentido de las necesidades, pero centraliza el problema en la necesidad de la generación de calefacción, ventilación y refrigeración.
En el capítulo J, apartado 21. "Los circuitos de calefacción", página J/971 del 3.er Volumen, se exponen diferentes soluciones para la calefacción y climatización de una vivienda y se desarrollan soluciones para los tres grupos.

En toda instalación de calefacción o/y acondicionamiento deberemos diferenciar dos circuitos, el de potencia y el de control (maniobra). Las intensidades a circular por los dos circuitos será muy diferente, en cuanto al valor; por tanto la sección de los conductores será muy diferente y las puntas de arranque de las cargas no tendrán relación. Esto nos obligará a disponer de dos protecciones magnetotérmicas diferentes, una para cada circuito.
En la ITC-BT-25, en la Tabla 1. "Características eléctricas de los circuitos", en el circuito "C_8 Calefacción" y el "C_9 Aire acondicionado", se prevé un interruptor magnetotérmico para cada uno de 25 A y una sección de los conductores de 6 mm^2.

Se considera que pueden existir soluciones conjuntas denominadas "acondicionamiento", en un solo circuito, el cual se deberá dimensionar según las necesidades propias de la climatología y aislamiento de la vivienda, partiendo de las instrucciones para instalaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La única condición que limita las instalaciones de calefacción y aire acondicionado, bajo el concepto de electrificación elevada, es que en la ITC-BT-25, en la Tabla 1. "Características eléctricas de los circuitos", en el referente (2) limita la potencia máxima para cada uno de los circuitos "C_8 Calefacción" y "C_9 Aire acondicionado", a 5.750 W, que representa un total de 11,5 kW en acondicionamiento.
En aras a poder equilibrar el consumo energético en las horas valle, es aconsejable utilizar la máxima energía útil, en horas valle, para reducir la carga en horas punta. Los sistemas de acondicionamiento nos permiten almacenar calorías y frigorías durante las horas valle, generadas con energía eléctrica, para utilizarlas en horas llano y punta, ayudando así a equilibrar los consumos durante las 24 horas del día.
Esta posibilidad se puede lograr fácilmente ateniéndonos al espíritu de la ITC-BT-10 "Previsión de cargas para suministros en baja tensión", en la que, en el apartado 2.2. "Previsión de potencia" especifica un límite inferior de contratación de potencia, no un máximo.

ITC-BT-51 "Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios."

En las viviendas con grado de electrificación elevada, la potencia a prever no será inferior a 9.200 W.

Atendiendo al espíritu de esta indtrucción y en aras al sentido común, todas las exposiciones del capítulo J, apartado 21. "Los circuitos de calefacción", página J/971 del 3.er Volumen, son útiles.

Circuitos correspondientes a la automatización

Podemos diferenciar dos grupos de automatización, un grupo de instalaciones destinadas al confort de la vivienda y otro destinado a la protección y seguridad de la vivienda y sus moradores:

■ Instalaciones destinadas al confort:
□ Control del alumbrado.
□ Control del movimiento automatizado.
□ Control del acondicionamiento.
■ Instalaciones destinadas a la protección:
□ Detección de fugas de gas combustible (metano, propano, butano).
□ Detección de fugas de agua.
□ Detección de fuego.
□ Detección de calor.
□ Detección de humos y gases tóxicos.
□ Detección de movimiento (presencia humana o de objetos).
□ Alerta médica.

Todas ellas tienen una completa exposición en el capítulo J, apartado 19. "Cómo utilizar la aparamenta electrónica (domótica)", página J/831 del 3.er Volumen.

■ Los circuitos destinados a las alarmas técnicas tienen una prioridad de funcionamiento sobre los demás. Debemos asegurar una alimentación ininterrumpida para que puedan mantener su eficacia. Así como para los servicios informáticos, en los que un corte de energía o una bajada o desequilibrio de parámetros pueden destruir un trabajo o un archivo. Estas necesidades imponen, hoy en día, la utilización de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI).

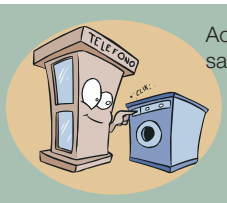
■ El circuito de automatización C_{11} lo subdividiremos en dos circuitos:
□ Circuito de automatismos conectados a la línea de alimentación C_{11}.
□ Circuitos de automatismos conectados a un SAI C_{11A}.

Para poder determinar el SAI adecuado y su potencia ver el capítulo J, apartado 14. "Los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)", página J/725 del 3.er Volumen.

Conectar una carga a una hora determinada



Activar el alumbrado de una sala al abrir una puerta





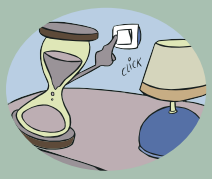
Dejar sin tensión las tomas de corriente de una habitación cuando se utiliza para menores



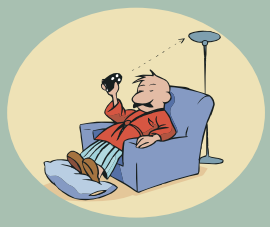
Conectar una carga por teléfono

Conectar o desconectar una carga al cabo de un tiempo

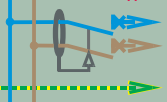




Regular la iluminación a distancia



Los circuitos de confort alimentados directamente de la C_{11}

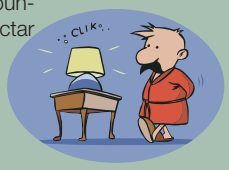


C_{11}

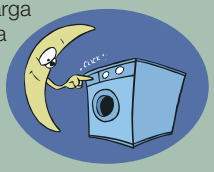




Encender un punto luz al detectar presencia



Conectar una carga en tarifa nocturna



Desconectar todo el alumbrado de una casa

Abrir o cerrar la persiana de una ventana





Abrir o cerrar todas las persianas de una vivienda

Activar el riego bajo una condición determinada



Detectar la presencia de humos y cortar la alimentación de energía

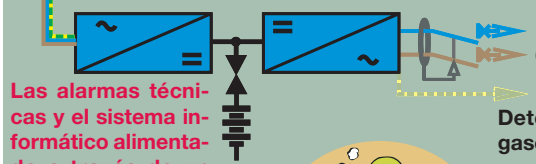


Activar una señal acústica o luminosa a distancia



Activar una alarma médica





C_{11A}

Las alarmas técnicas y el sistema informático alimentado a través de un SAI

Detectar la presencia de gases tóxicos







Detectar la presencia de gas

Detectar la presencia de intrusos

L
6.3

Puntos de utilización

■ En los esquemas mostrados en este manual disponemos de una vivienda apareada de electrificación elevada, en la que todos los elementos que necesitan energía funcionan con electricidad.

■ Disponemos de unos circuitos de confort y unas alarmas técnicas, tales como detección de presencia de escapes de agua y detección de humos para comunicar a alguna central de servicios.

■ También dispone de ordenador para atender las necesidades de hoy en día.

■ Las alarmas técnicas y el equipo informático están alimentados a través de un SAI, línea C_{11A}.

■ Las cargas eléctricas derivadas de estos equipos las conectaremos al circuito C_{11} del cuadro general de la vivienda.

Plano en planta

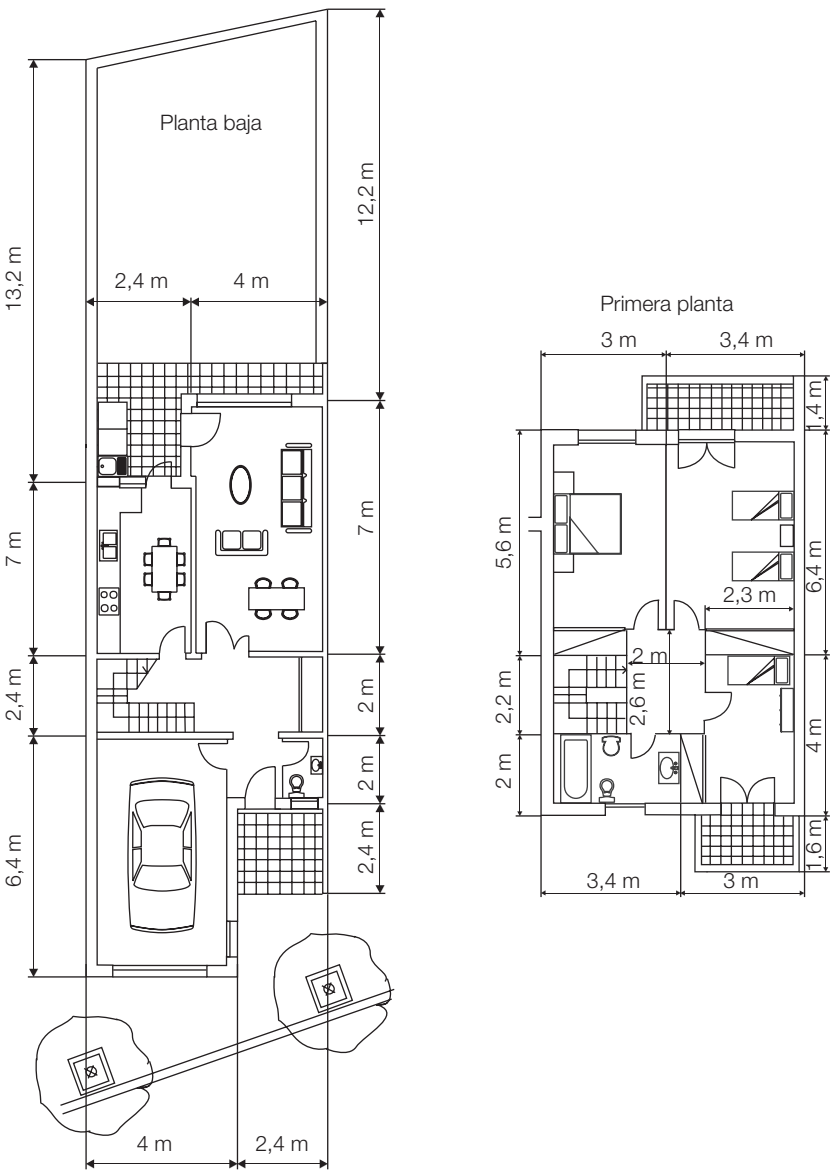


Fig. L6.3-058: *distribución en planta de la planta y el piso.*

■ **C_1** y **C_6.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar los puntos de iluminación.

□ Como que la cantidad de puntos luz entre las dos plantas supera las treinta unidades, los alimentaremos en dos circuitos, el C_1 y el C_6. El C_1 lo distribuiremos en la planta baja y el C_6 en el primer piso.

□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 1,5 mm^2.

Los circuitos salen del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.

□ Salen de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 9 m.

□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA3 con una distancia de 10 m. En esta conducción solamente se distribuye el circuito C_1.

□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA4 con una distancia de 3 m. En esta conducción solamente se distribuye el circuito C_6.

□ Sale de la caja de derivación CA4 hasta la caja de derivación CA5 con una distancia de 5,5 m. En esta conducción solamente se distribuye el circuito C_6.

■ **C_2.** Circuito de distribución interna destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico:

□ Como que la cantidad de tomas de corriente entre las dos plantas supera las veinte unidades, los alimentaremos en dos circuitos, el C_2 y el C_7. El C_2 lo distribuiremos en la planta baja y el C_7 en el primer piso.

□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 2,5 mm^2.

□ Los circuitos salen del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.

□ Salen de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 9 m.

□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA3 con una distancia de 10 m. En esta conducción solamente se distribuye el circuito C_2.

□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA4 con una distancia de 3 m. En esta conducción solamente se distribuye el circuito C_7.

□ Sale de la caja de derivación CA4 hasta la caja de derivación CA5 con una distancia de 5,5 m. En esta conducción solamente se distribuye el circuito C_7.

■ **C_3.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la cocina y el horno:

□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 6 mm^2.

□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.

□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 9 m.

■ **C_4.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico:

□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 4 mm^2.

□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.

□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 9 m.

■ **C_8** y **C_9.** Circuito de distribución interna destinado a la instalación de calefacción eléctrica y aire acondicionado.

La instalación prevista se adapta a una instalación ideal descrita en el capítulo J, apartado 21. “Los circuitos de calefacción”, página J/971 del 3.er Volumen:

□ La instrucción ITC-BT-25 no prevé la utilización de este circuito; un conductor de 6 mm^2 para la calefacción y de 6 mm^2 para el aire acondicionado, al considerar un sistema conjunto de acondicionamiento deberemos calcular las secciones de los conductores de conformidad al apartado 7. “Las conducciones”, página F/159 del 1.er Volumen.

□ El circuito sale del cuadro general de distribución (CGD) hasta el cuadro general del acondicionamiento (CGA), con una distancia de 7,5 m.

■ **C_5.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares de la cocina:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 2,5 mm^2.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 9 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA3 con una distancia de 10 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA4 con una distancia de 3 m.
□ Sale de la caja de derivación CA4 hasta la caja de derivación CA5 con una distancia de 5,5 m.

■ **C_{10}.** Circuito de distribución interna destinado a alimentar la secadora:
□ Según la instrucción ITC-BT-25 debemos prever un conductor de 2,5 mm^2.
□ El circuito sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1 con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1 hasta la caja de derivación CA2 con una distancia de 9 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2 hasta la caja de derivación CA3 con una distancia de 10 m.

■ **C_{11}.** Circuito de distribución interna destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad.
El circuito se ha doblado en dos; uno que depende de la alimentación directa de energía C_{11} y otro para las alarmas técnicas e informática que se alimenta a través de un sistema de alimentación ininterrumpido (SAI), que llamaremos C_{11A}.
Para facilitar la instalación doblaremos las cajas de conexiones para el circuito C_{11} y las denominaremos CAA:
□ La instrucción ITC-BT-25 no prevé la utilización de este circuito C_{11A}; un conductor de 1,5 mm^2 es adecuado.
□ El circuito C_{11} sale del cuadro general hasta la caja de derivación CA1A con una distancia de 1,5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1A hasta la caja de derivación CA2A con una distancia de 9 m. En este punto se integra el circuito C_{11A} para su distribución.
□ Sale de la caja de derivación CA2A hasta la caja de derivación CA3A con una distancia de 10 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2A hasta la caja de derivación CA4 con una distancia de 3 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2A hasta el cuadro de distribución de las alarmas técnicas CDAT, con una distancia de 5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA4A hasta la caja de derivación CA5A con una distancia de 5,5 m.
El circuito C_{11A} sale del cuadro de distribución de las alarmas técnicas CDAT hasta la caja CA2A con una distancia de 5 m.
□ Sale de la caja de derivación CA1A hasta la caja de derivación CA2A con una distancia de 9 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2A hasta la caja de derivación CA3A con una distancia de 10 m.
□ Sale de la caja de derivación CA2A hasta la caja de derivación CA4A con una distancia de 3 m.
□ Sale de la caja de derivación CA4A hasta la caja de derivación CA5A con una distancia de 5,5 m.

Clasificación de las cargas

N.º	Concepto		P (W)	I (A)	Intensidades circuitos										
					C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_{8-9}	C_{10}	C_{11}	SAI
A00	Acondicionamiento											**88,77**			
A01	Compresor CA1	BB2	1 · 2.600	17,7								17,7			
A02	Compresor CA2	BB2	1 · 2.600	17,7								17,7			
A03	Bomba BCAI	BB2	1 · 245	2,28								2,28			
A04	Bomba BFAI	BB2	1 · 245	2,28								2,28			
A05	Bomba BCA1	BB2	1 · 245	2,28								2,28			
A06	Bomba BCA2	BB2	1 · 245	2,28								2,28			
A07	Ventilador VAI	BB2	1 · 750	6,04								6,04			
A08	Electrovál. E01	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A09	Electrovál. E02	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A10	Electrovál. E03	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A11	Electrovál. E04	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A12	Electrovál. E05	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A13	Electrovál. E06	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A14	Electrovál. E07	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A15	Electrovál. E08	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A16	Electrovál. E09	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A17	Electrovál. E10	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A18	Electrovál. E11	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A19	Electrovál. E12	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A20	Electrovál. E13	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A21	Electrovál. E14	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A22	Electrovál. E15	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A23	Electrovál. E16	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A24	Electrovál. E17	BB2	1 · 15	0,13								0,13			
A25	Fancoil 01	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A26	Fancoil 02	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A27	Fancoil 03	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A28	Fancoil 04	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A29	Fancoil 05	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A30	Fancoil 06	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A31	Fancoil 07	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A32	Fancoil 08	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A33	Fancoil 09	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
A34	Fancoil 10	BB2	1 · 370	3,6								3,6			
I00	Alumbrado				**14,41**					**6,72**					
I01	Entrada	BB1	1 · 60	0,26	0,26										
I02	Vestíbulo	BB1	2 · 60	0,52	0,52										
I03	Servicio	BB1	3 · 60	0,78	0,78										
I04	Garaje	BB1	3 · 50	0,75	0,75										
I05	Sótano	BB1	2 · 50	0,5	0,5										
I06	Repartidor	BB1	2 · 60	0,52	0,52										
I07	Escalera	BB1	4 · 60	1,04	1,04										
I08	Sala de estar Comedor	BB1	8 · 100	3,48	3,48										
I09	Cocina	BB2	4 · 60	1,04	1,04										
I10		BB2	2 · 50	0,5	0,5										
11	Lavadero	BB2	4 · 60	1,04	1,04										

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

N.º	Concepto		P (W)	I (A)	Intensidades circuitos										
					C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_{8-9}	C_{10}	C_{11}	SAI
I11	Lavadero	BB2	4 · 60	1,04	1,04										
I12	Jardín	BB2	4 · 60	1,04	1,04										
I13		BB2	4 · 100	1,75	1,75										
I14	Escalera	BB1	2 · 60	0,52						0,52					
I15	Repartidor piso	BB1	2 · 60	0,52						0,52					
I16	Baño	BB3	4 · 50	1,0						1,0					
I17	Dormitorio D1	BB1	5 · 60	1,3						1,3					
I18	Terraza T1	BB2	2 · 60	0,52						0,52					
I19	Dormitorio DM	BB1	4 · 60	1,04						1,04					
I20	Dormitorio D2	BB1	5 · 60	1,3						1,3					
I21	Terraza T2	BB2	2 · 60	0,52						0,52					
I22	Timbre	BB1		0,15	0,15										
E00	Electrodomésticos					**6,2**	**27**	**45**	**22,14**				**15**		
E01	Cocina	BB2	1 · 5.400	23,5			23,5								
E02	Horno	BB2	1 · 5.400	23,5			23,5								
E03	Lavadora	BB2	1 · 3.450	15				15							
E04	Lavavajillas	BB2	1 · 3.450	15				15							
E05	Termo	BB2	1 · 3.450	15				15							
E06	Frigorífico	BB2	1 · 400	1,7		1,7									
E07	Congelador	BB2	1 · 400	1,7		1,7									
E08	Extractor	BB2	1 · 300	1,3		1,3									
E09	Microondas	BB2	1 · 1.000	4,4					4,4						
E10	Batidora	BB2	1 · 300	1,3					1,3						
E11	Tostadora	BB2	1 · 1.600	6,95					6,95						
E12	Cafetera	BB2	1 · 230	1					1						
E13	Aspiradora	BB1	1 · 850	1,5		1,5									
E14	Secador pelo	BB3	1 · 1.600	6,95					6,95						
E15	Cepillo dientes	BB3	1 · 10	0,04					0,04						
E16	Afeitadora	BB3	1 · 150	0,65					0,65						
E17	Depiladora	BB3	1 · 300	1,3					1,3						
E18	Secadora	BB2	1 · 3.450										15		
C00	Sonido e imagen					1									
C01	Cadena HI FI	BB1	1 · 100	0,4		0,4									
C02	Televisor TV	BB1	1 · 100	0,4		0,4									
C03	Vídeo	BB1	1 · 25	0,1		0,1									
C04	Radio	BB1	1 · 25	0,1		0,1									
S01	SAI Pulsar EX	BB1 4 kVA-4 h													**8,99**
N00	Informática					**0,5**				**1**					**6,9**
N01	PC 1	BB1	1 · 300	1,3											1,3
N02	Pantalla 1	BB1	1 · 220	1											1
N03	Impresora 1	BB1	1 · 110	0,5		0,5									
N04	PC D1	BB1	1 · 300	1,3											1,3
N05	Pantalla D1	BB1	1 · 220	1											1
N06	Impresora D1	BB1	1 · 110	0,5						0,5					
N07	PC D2	BB1	1 · 300	1,3											1,3
N08	Pantalla D2	BB1	1 · 220	1											1
N09	Impresora D2	BB1	1 · 110	0,5						0,5					
T00	Alarmas técnicas														**2,09**
T01	Fuente sistema domótico	BB1		0,06											0,06

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

N.º	Concepto		P (W)	I (A)	Intensidades circuitos										
					C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_{8-9}	C_{10}	C_{11}	SAI
T02	D. humos H-1	BB1		0,1											0,1
T03	D. humos H-2	BB2		0,1											0,1
T04	D. humos H-3	BB1		0,1											0,1
T05	D. agua A-1	BB2		0,08											0,08
T06	D. agua A-2	BB2		0,08											0,08
T07	D. agua A-3	BB2		0,08											0,08
T08	D. agua A-4	BB2		0,08											0,08
T09	D. agua A-5	BB2		0,08											0,08
T10	Electro. EA-1	BB2	1 · 15	0,13											0,13
T11	D. Pre. P-1	BB1		0,15											0,15
T12	D. Pre. P-2	BB1		0,15											0,15
T13	D. Pre. P-3	BB1		0,15											0,15
T14	D. Pre. P-2	BB1		0,15											0,15
T15	Sirena A	BB1		0,2											0,2
T16	Sirena H	BB1		0,2											0,2
T17	Sirena P	BB1		0,2											0,2
T18	Comunicación	BB1		0,1											0,2
P00	Confort													**7,13**	
P01	P. garaje ME-3	BB1		1,3										1,3	
P02	Persiana ME-1	BB2		0,5										0,5	
P03	Persiana ME-2	BB1		0,5										0,5	
P04	Persiana ME-4	BB2		0,5										0,5	
P05	Persiana ME-5	BB1		0,8										0,8	
P06	Persiana ME-6	BB1		0,5										0,5	
P07	Persiana ME-7	BB1		0,8										0,8	
P08	Persiana ME-8	BB1		0,8										0,8	
P09	Persiana ME-9	BB2		0,5										0,5	
P10	Persiana ME-10	BB1		0,8										0,8	
P11	Electrovál. EA-2	BB2	1 · 15	0,13										0,13	
Totales					**14,41**	**6,7**	**27**	**45**	**22,14**	**7,72**		**88,77**	**15**	**7,13**	**8,99**

Tabla L6.3-059: *posibles cargas de la vivienda de electrificación elevada.*

Esquemas de los circuitos

Realizaremos la distribución en tres circuitos: el circuito de cargas generales, el circuito de calefacción y el circuito de control del confort y las alarma técnicas, con la finalidad de poder trabajar en conjuntos de circuitos más reducidos y facilitar la comprensión y seguimiento de los mismos.

Red de distribución y cajas de conexión de los circuitos de alimentación general

■ Del cuadro general de distribución y protección CGD saldrán los circuitos hasta diferentes cajas de conexión, de las cuales derivaremos las conexiones de las cargas de cada dependencia o conjunto de dependencias.

■ Del cuadro general de distribución CGD, a través de las líneas C_8 y C_9 conjuntamente, alimentaremos el cuadro general de acondicionamiento CGA, y de éste los cuadros de distribución del acondicionamiento de la planta baja CDA-1 y el de la planta piso CDA-2.

■ Del cuadro general de distribución CGD, a través de la línea C_{11} automatismos, alimentaremos el cuadro general de confort y alarmas técnicas CGCAT, y las cajas de conexiones y cuadros de control, así como el cuadro de control del SAI.

Esquema de distribución de una electrificación elevada

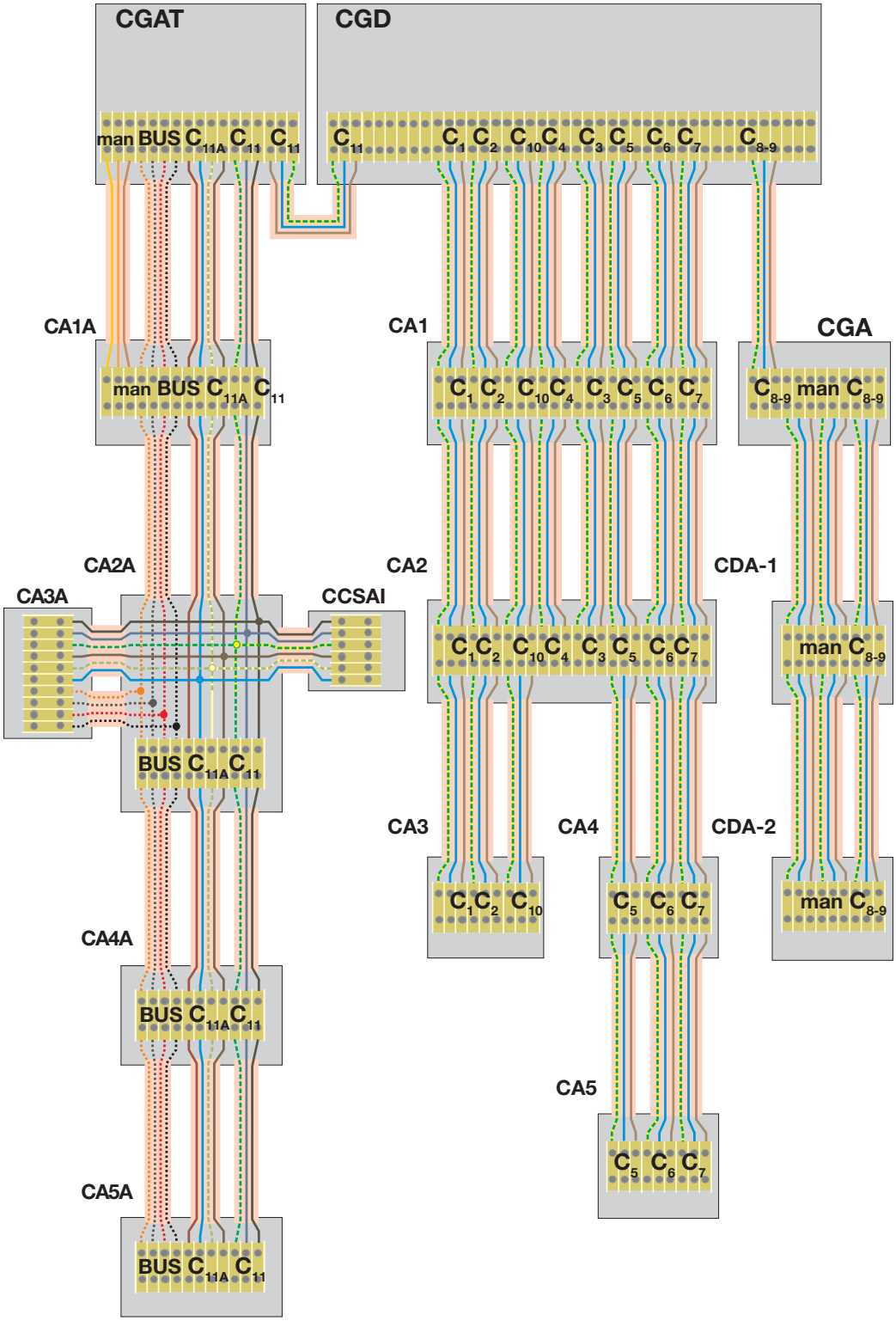


Fig. L6.3-060: *circuito de distribución principal desde el cuadro general y a través de las cajas de derivación.*

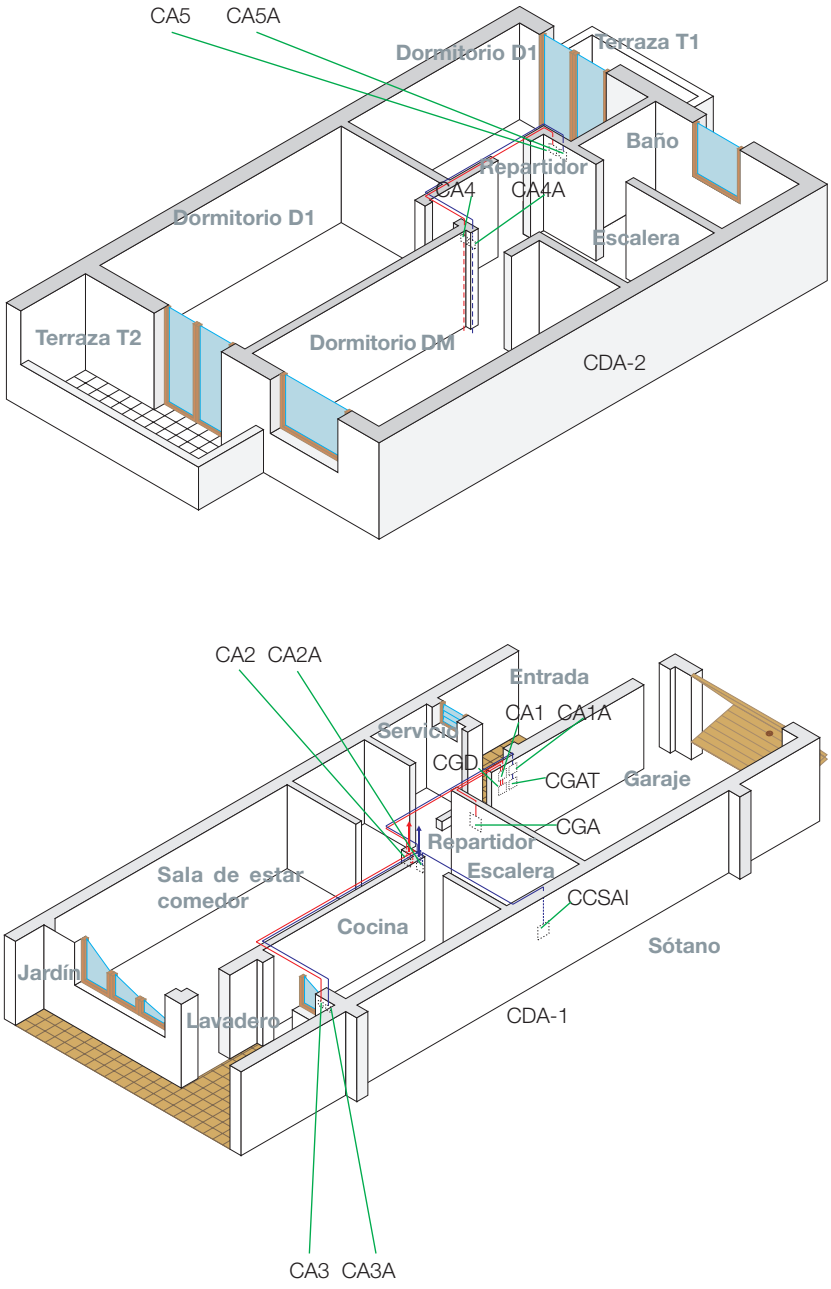


Fig. L6.3-061: *situación física del circuito de distribución principal.*

Conducciones entre el cuadro general CGD y el cuadro general de acondicionamiento

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección (⏚) de las líneas C_8-C_9 de 10 mm^2.

Conducciones entre el cuadro general CGD y el cuadro general de confort y alarmas técnicas CGAT

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección (⏚) de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.

Conducciones entre el cuadro general CGD y la caja CA1

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_6 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_3 de 6 mm^2 y tres conductores de la línea C_5 de 2,5 mm^2.
■ 4 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_4 de 2,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_{10} de 2,5 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA1 y CA2

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_6 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_3 de 6 mm^2 y tres conductores de la línea C_5 de 2,5 mm^2.
■ 4 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con tres conductores de la línea C_4 de 2,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_{10} de 2,5 mm^2 .

Conducciones entre las cajas CA2 y CA3

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{10} de 2,5 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA2 y CA4

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_6 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA4 y CA5

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_6 de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre el cuadro general de acondicionamiento y el cuadro de distribución y control de la planta baja CDA-1

■ Conducto en tubo empotrado desde el cuadro general de acondicionamiento CGA hasta el cuadro de distribución y control del acondicionamiento de la planta baja CDA-1.
■ Cinco conductores de maniobra de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.
■ Tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de 2,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Conducciones entre el cuadro de distribución y control de la planta baja CDA-1 y el del piso CDA-2

■ Conducto en tubo empotrado desde el cuadro de distribución del acondicionamiento CDA-1 hasta el cuadro de distribución y control del acondicionamiento del piso CDA-2.
■ Cinco conductores de maniobra de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.
■ Tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de 2,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Red de distribución y cajas de conexión de los circuitos de control del confort y alarmas técnicas

Conducciones entre el cuadro general de distribución CGD y el cuadro general del confort y las alarmas técnicas CGAT

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.

Conducciones entre el cuadro general del confort y las alarmas técnicas CGAT y la caja de conexiones CA1A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y tres conductores para los zumbadores de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea de comunicación de 1 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA1A y CA2A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea de comunicación de 1 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2A y el cuadro de control del SAI, CCSAI

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA2A y CA3A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea de comunicación de 1 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA2A y CA4A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea de comunicación de 1 mm^2.

Conducciones entre las cajas CA4A y CA5A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea de comunicación de 1 mm^2.

Cargas y circuitos del acceso

En el acceso solamente tenemos la carga del timbre de llamada a la puerta de la vivienda y del punto luz de la entrada:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga:
□ Timbre ref. I20; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,15 A.
□ Alumbrado ref. I01; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,25 A.
■ La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección.
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima, según la ITC-BT-25, de 1,5 mm² (sección suficiente para los 0,4 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Conducción:
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen)
□ Para tres conductores fase-neutro-tierra de 1,5 mm² le corresponde un diámetro exterior de 16 mm.
■ Esquema del circuito.

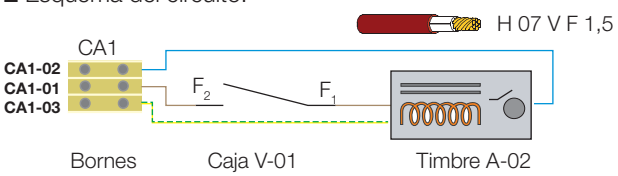


Fig. L6.3-062A: *esquema correspondiente al timbre del acceso.*

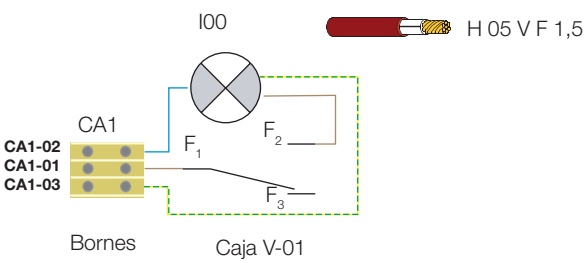


Fig. L6.3-062B: *esquema correspondiente al alumbrado de la entrada.*

Cargas y circuitos del vestíbulo

En el vestíbulo solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección:
■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I02; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,5 A.
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm², según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Conducciones. Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos V-01, V-02, V-03 y hasta los puntos luz situados en el techo:
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito.

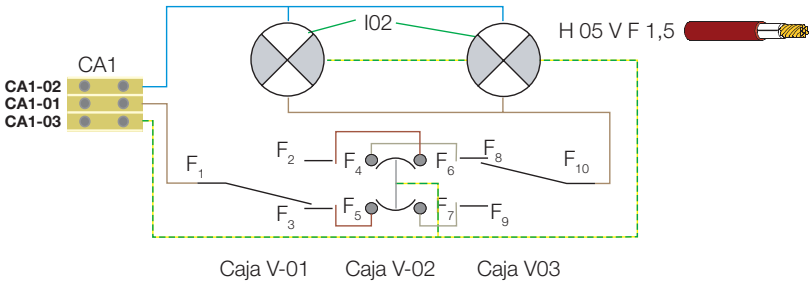


Fig. L6.3-063: *esquema correspondiente al alumbrado del vestíbulo.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 3\ ud = 517,5\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{517,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 2,45\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA1, bornes CA1-04 y CA1-05 para los conductores activos y el CA1-06 para el conductor de protección:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima según la ITC-BT-25 de 2,5 mm² (sección suficiente para los 2,45 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito.

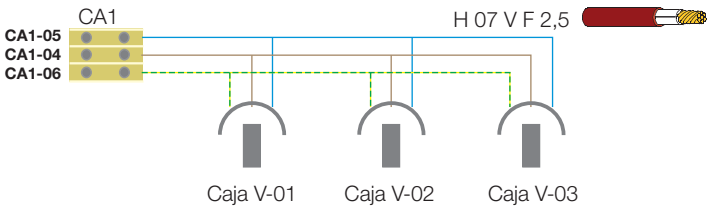


Fig. L6.3-064: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del vestíbulo.*

Cargas y circuitos del servicio

En el servicio solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_5.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I03; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB2; la intensidad de consumo 0,75 A.

■ Tenemos dos circuitos de alumbrado:

□ Alumbrado general activado por dos conmutadores (una lámpara).

□ Alumbrado del lavabo activado por un interruptor (dos lámparas).

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm², según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Conducciones:

□ Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos:

– Para el punto luz general V-01, B-01 y hasta el puntos luz situado en el techo.
– Para los dos puntos luz del lavabo B-02 y hasta los puntos luz situados en el muro sobre el espejo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito.

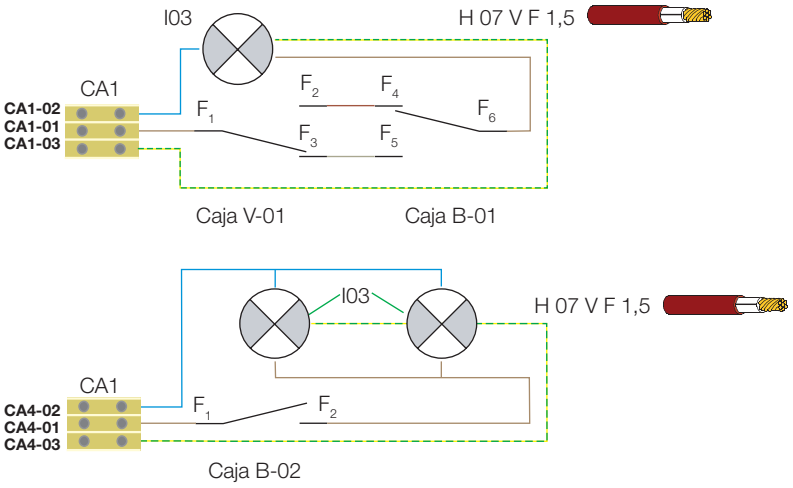


Fig. L6.3-065: *esquema correspondiente al alumbrado del servicio.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 3\ ud = 517,5\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{517,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 2,45\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_5 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA1, bornes CA1-13 y CA1-14 para los conductores activos y el CA1-15 para el conductor de protección:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima según la ITC-BT-25 de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 2,45 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito.

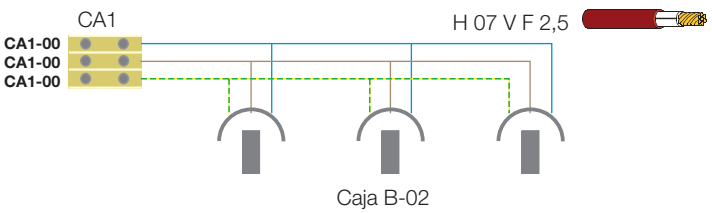


Fig. L6.3-066: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del servicio.*

Cargas y circuitos del garaje

En el servicio solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I21; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,75 A.
■ Tenemos dos circuitos de alumbrado:
□ Alumbrado general activado por dos conmutadores (dos tubos fluorescentes).
□ Alumbrado sobre el banco de trabajo, activado por un interruptor (un tubo fluorescente).
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Conducciones. Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos V-03, G-01 y hasta los puntos luz situados en el techo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características de tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito.

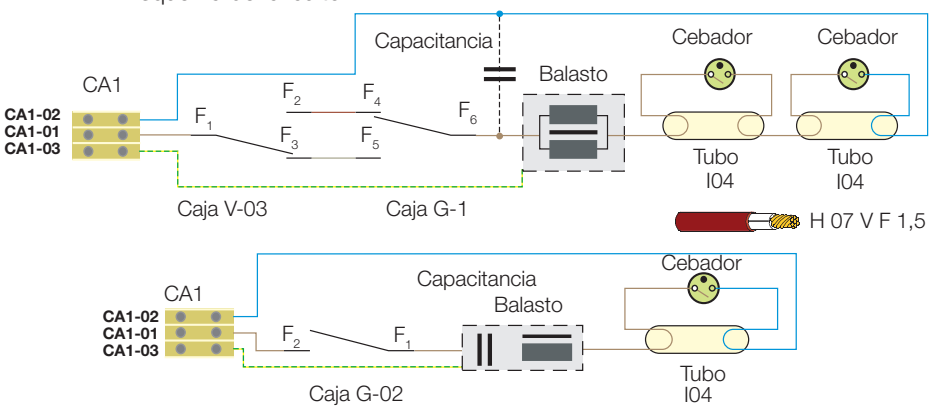


Fig. L6.3-067: *esquema correspondiente al alumbrado del garaje.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las cuatro tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 4\ ud = 690\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{690\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 3,26\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-04 y CA3-05 para los conductores activos y el CA3-06 para el conductor de protección:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito.

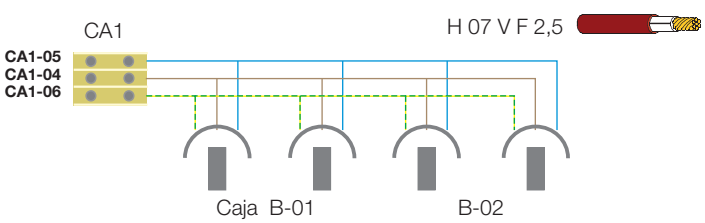


Fig. L6.3-068: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del garaje.*

Cargas y circuitos del sótano

En el sótano tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1. Están situadas las máquinas para el acondicionamiento y los depósitos de acumulación

del circuito cerrado del agua del acondicionamiento, por tanto es una zona húmeda (BB2), cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_5. Disponemos un cuadro general de acondicionamiento CGA, situado en el garaje, a partir del cual se derivan todas las cargas de la generación de agua acondicionada.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA1, bornes CA1-01 y CA1-02 para los conductores activos y el CA1-03 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I05; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB2; la intensidad de consumo 0,5 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Conducciones. Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos B-03, S-01 y hasta los puntos luz situados en el techo.

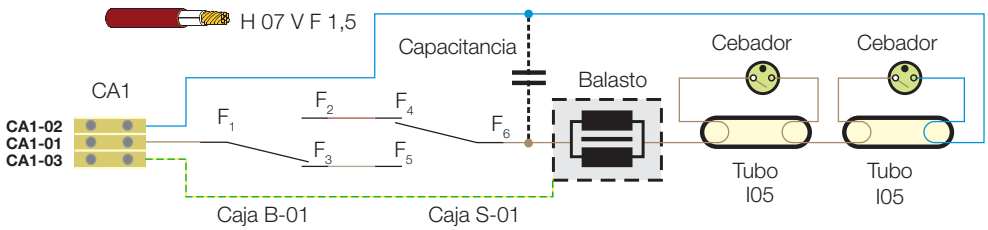


Fig. L6.3-069: *esquema correspondiente al alumbrado del sótano.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las dos tomas de corriente previstas, para alguna alimentación portatil:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 2\ ud = 345\ W\ ;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{345\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 1,63\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-04 y CA2-05 para los conductores activos y el CA2-06 para el conductor de protección; hasta una caja de mecanismos C-04:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 1,63 A de la carga) H 05 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito:

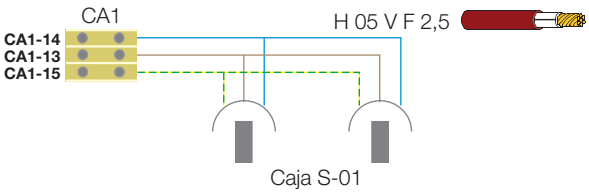


Fig. L6.3-070: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_2 de la cocina.*

Conducciones en el acceso, vestíbulo y servicio

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA1 hasta las cajas de mecanismos E-01, E-02, E-03, V-01, V-02, V-03, B-01, B-02 y R01:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla: F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).
■ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja; el conductor de protección puede ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2).

Conducciones entre la caja CA1 y las cajas de mecanismos E-02 y E-03 (E1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase y conductor de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2 y retorno de la fase desde la salida del pulsador.
■ Caja de mecanismo de un elemento E-02 - interruptor (punto luz).
■ Caja de mecanismo de un elemento E-03 - pulsador (timbre).

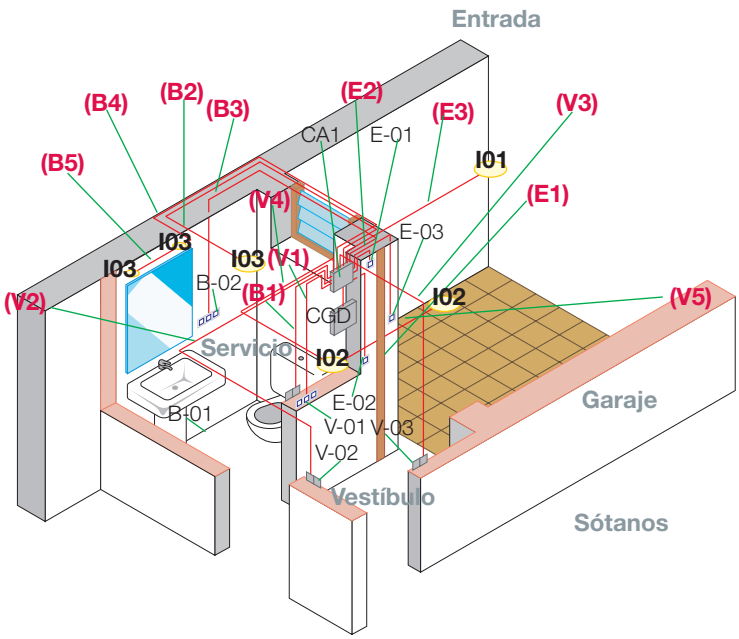


Fig. L6.3-071: *situación física del circuito de distribución en la entrada y recibidor.*

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos E-01 (E2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase de la caja E-03, el conductor neutro y el de protección de la línea C_1, de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismo de un elemento - zumbador.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I01 (E3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase de la caja E-02 y el de protección de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos V-01 (V1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, la fase y el conductor neutro de la línea C_1 y los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2. La fase de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2 y los puentes (F2-F4) y (F3-F5) de 1,5 mm^2, correspondiente al alumbrado del baño caja de mecanismo B-01.
■ Caja de mecanismos V-01 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:
□ Conmutador para el vestíbulo.
□ Conmutador para el baño.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos V-02 (V2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, los puentes (F6-F2), (F5-F3), (F4-F8) y (F7-F9) de 1,5 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos V-02 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador de cruzamiento para el vestíbulo.

□ Espacio para un conmutador del alumbrado del repartidor.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos V-03 (V3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F9-F7), (F8-F4) y (F10) de 1,5 mm^2 y los tres conductores, la fase el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, los puentes (F2-F4) y (F3-F5) y la fase de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos V-03 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el vestíbulo.

□ Conmutador para el garaje.

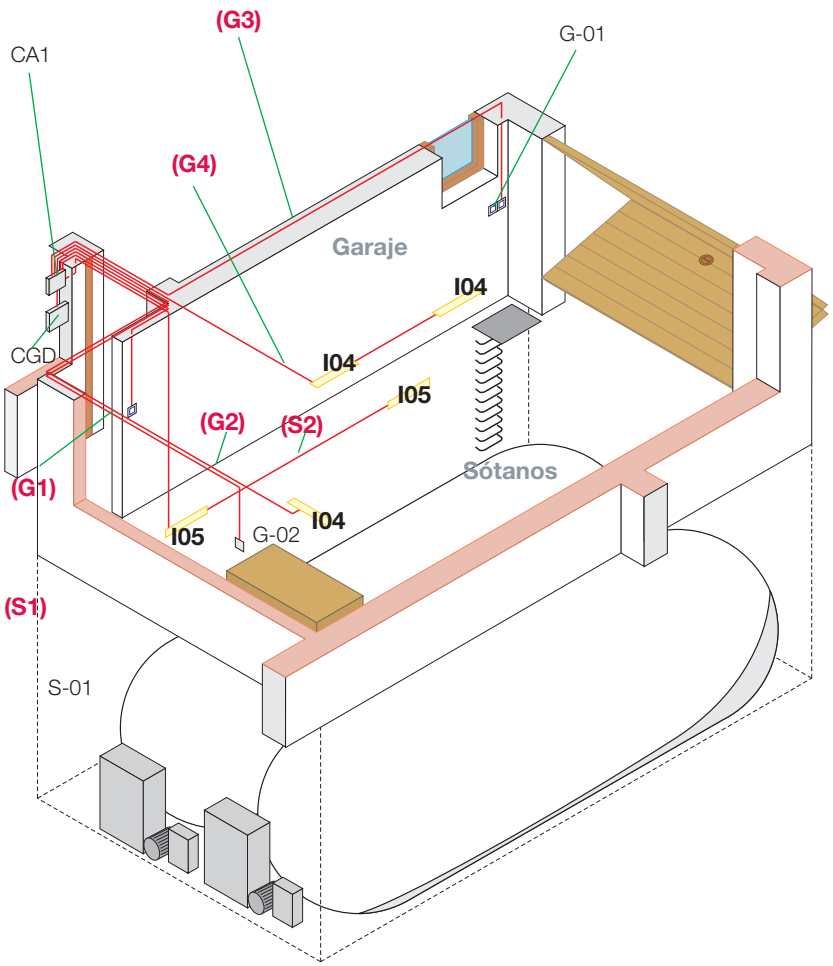


Fig. L6.3-072: *situación física del circuito de distribución en el garaje y los sótanos.*

Conducciones entre la caja CA1 y la base de los puntos luz I02 (V4)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F10), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre los puntos luz I02 (V5)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F10), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos B-01 (B1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, los puentes (F2-F4), (F3-F5) y (F6) de 1,5 mm^2 y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos B-01 de un elemento, conmutador:
□ Conmutador para el alumbrado general del servicio.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I03 general (B2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F6), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos B-02 (B3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase y el retorno de la fase puente (F2) línea C_1 de 1,5 mm^2 y los tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos B-02 de tres elementos, un interruptor y dos bases de toma de corriente:
□ Interruptor alumbrado espejo.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I03 (B4)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F2), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre los puntos luz I03 (B5)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F2), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos G-02 (G1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase y el retorno de la fase puente (F2) línea C_1 de 1,5 mm^2 y los tres conductores, la fase el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos G-02 de tres elementos, un interruptor y dos bases de toma de corriente:
□ Interruptor alumbrado banco taller.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I04 (G2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F2), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos G-01 (G3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, los puentes (F4-F2), (F5-F3) y el retorno de la fase puente (F6), los puentes (F3-F5) (F2-F4) de la línea C_1 de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2 y la fase de la línea C_1 de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos G-01 de cuatro elementos dos conmutadores y dos bases de toma de corriente:
□ Conmutador para el garaje.
□ Conmutador para el sótano.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I04 general (G4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F6), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la caja de mecanismos S-01 (S1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2), (F5-F3) y el retorno de la fase puente (F6) de la línea C_1 de 1,5 mm^2 y la fase el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1 y la base del punto luz I05 (S2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase (puente F6), el conductor neutro y el de protección de la línea C_1 de 1,5 mm^2.

Circuitos de la caja CA1

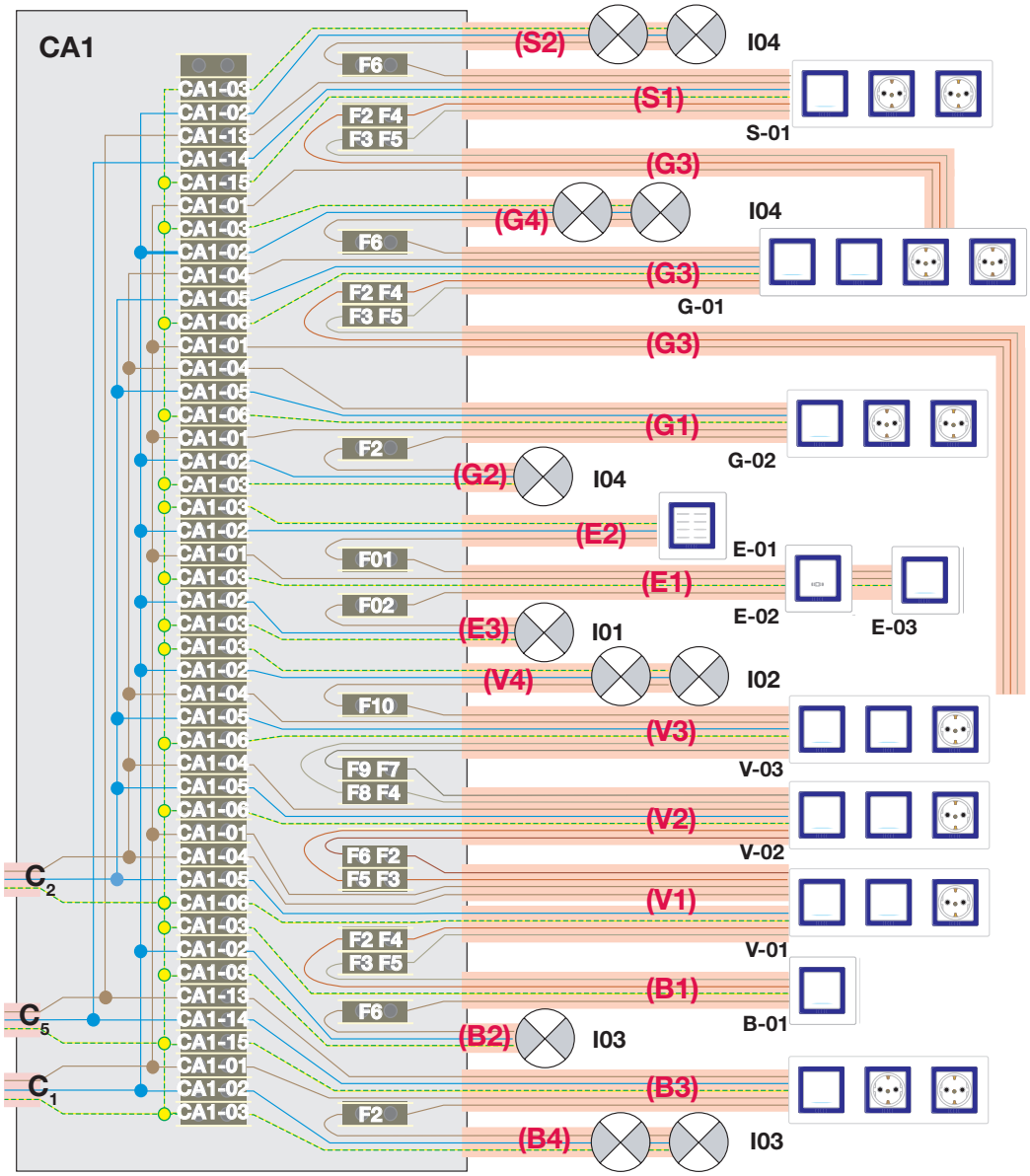


Fig. L6.3-073: *esquema de los circuitos y conexiones de la caja CA1.*

Cargas y circuitos del repartidor de la planta baja

En el repartidor de la planta baja solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-01 y CA2-02 para los conductores activos y el CA2-03 para el conductor de protección.

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I06; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 1 A.

■ Disponemos de dos alumbrados:

□ General de la sala.

□ Alumbrado de la zona informática.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Conducciones.

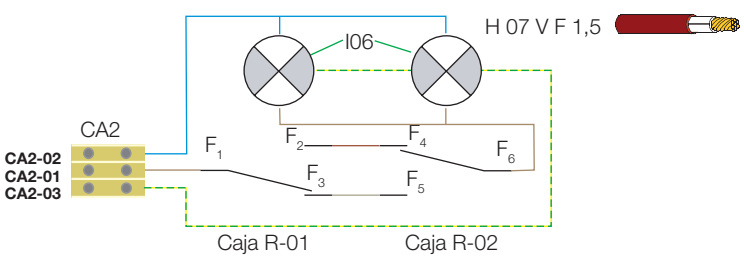
□ Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos R-01, R-02 y R-03 hasta los puntos luz situados en el techo.

□ La caja de mecanismos R-03 llevará las dos tomas de corriente para los equipos informáticos no incluidos en la red del SAI, y la línea telefónica para la comunicación.

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito de alumbrado general y zona informática:

□ General.



□ Zona informática.

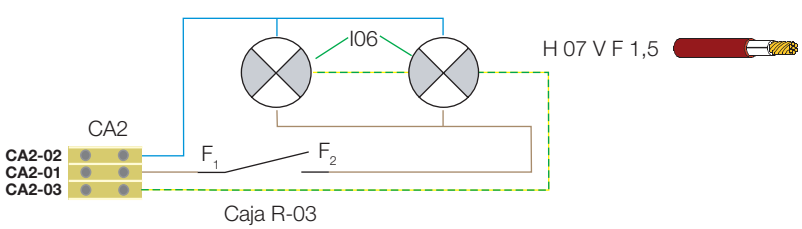


Fig. F6.3-074: *esquema correspondiente al alumbrado del repartidor de la planta baja.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las cuatro tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}25 \cdot 4\ ud = 690\ W;\quad I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{690\ W}{230\ V \cdot 0{,}92} = 3{,}26\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de deriva-

ción CA2, bornes CA2-04 y CA2-05 para los conductores activos y el CA2-06 para el conductor de protección:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito.

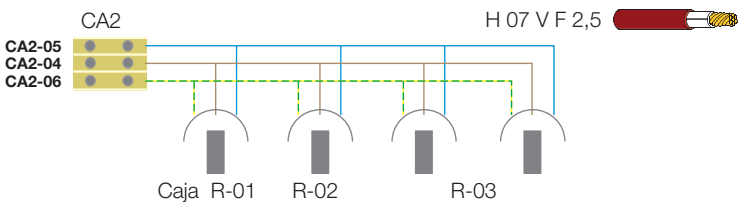


Fig. L6.3-075: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del repartidor de la planta baja.*

Cargas y circuitos del repartidor de la escalera

En la escalera solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-01 y CA2-02 para los conductores activos y el CA2-03 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I07; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 1 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Conducciones. Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos R-01, E-01, E-02 y hasta los puntos luz I07 situados en el techo:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito de alumbrado.

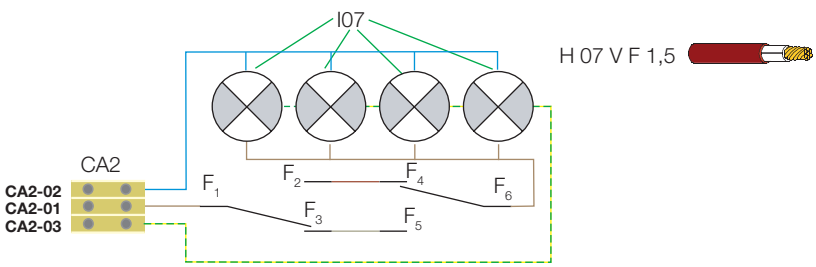


Fig. L6.3-076: *esquema correspondiente al alumbrado del repartidor de la planta baja.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las cuatro tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 4\ ud = 345\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{345\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 1,63\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA2, bornes CA2-04 y CA2-05 para los conductores activos y el CA2-06 para el conductor de protección:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito.

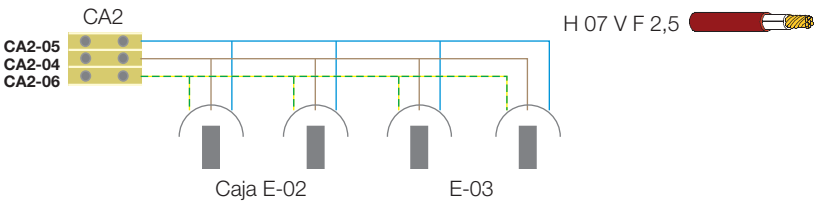


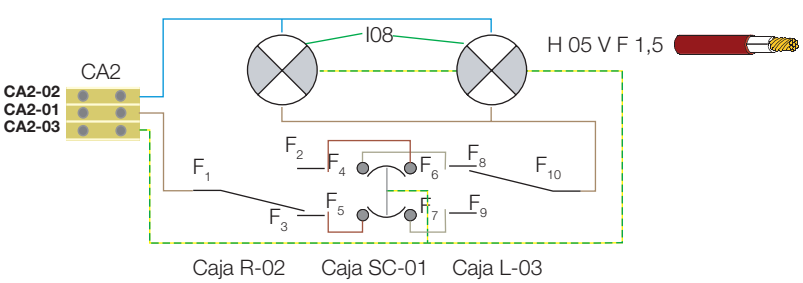
Fig. L6.3-077: *esquema correspondiente a las tomas de corriente de la escalera.*

Cargas y circuitos del comedor-sala de estar

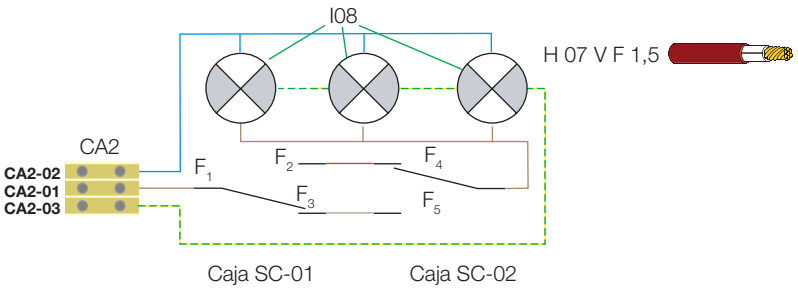
En el comedor-sala de estar solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-01 y CA2-02 para los conductores activos y el CA2-03 para el conductor de protección:
■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I08; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 1 A.
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Conducciones. Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA1 hasta las cajas de mecanismos R-02, SC-01, SC-02, SC-03, SC-04 y L-03 y hasta los puntos luz I08 situados en el techo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito:
□ Alumbrado general constituido por dos lámpara incandescentes comandadas desde tres puntos por un conmutador situado en la caja del repartidor de la planta baja R-02; conmutador de cruzamiento situado en la caja SC-01 y conmutador situado en la caja L-03.



□ Alumbrado de la zona comedor.
Este alumbrado se sitúa encima de la mesa del comedor, está formado por tres lámparas incandescentes y lo podemos activar y desactivar desde dos conmutadores situados en las cajas de mecanismos SC-01 y SC-02.



□ Alumbrado de la zona de estar.
Este alumbrado se sitúa encima de la zona de los sofás, está formado por dos lámparas incandescentes y lo podemos activar y desactivar desde dos conmutadores situados en las cajas de mecanismos SC-01 y SC-03. Disponemos de un alumbrado complementario para una lámpara de pie que se alimenta a través de un interruptor y una base de toma de corriente situados en la caja de mecanismos SC-04.

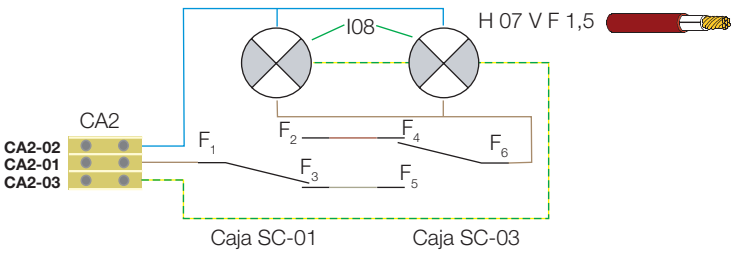


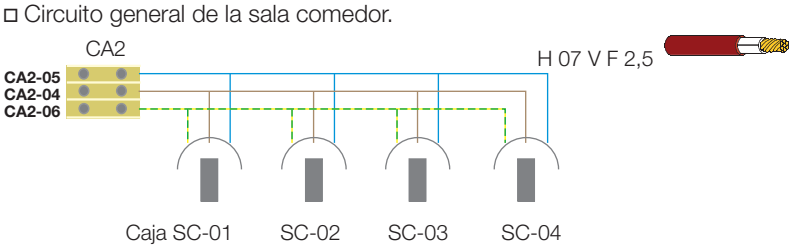
Fig. F6.3-078: *esquema correspondiente al alumbrado de la sala comedor y terraza.*

L
6.3

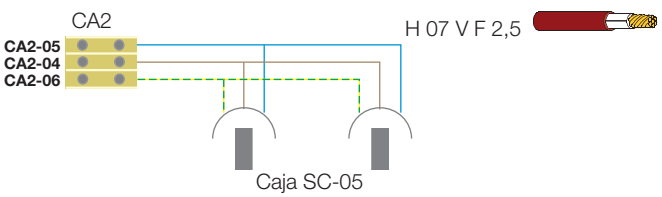
Tomas de corriente
La carga correspondiente a las 9 tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\,W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 14\,ud = 2.415\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{2.415\,W}{230\,V \cdot 0,92} = 11,4\,A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA2, bornes CA2-04 y CA2-05 para los conductores activos y el CA2-06 para el conductor de protección:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 8,15 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito:
□ Circuito general de la sala comedor.



□ Circuito para la televisión y el vídeo.



□ Circuito para el equipo de sonido.
La caja de mecanismos SC-04 dispone de una toma de teléfono y la SC-05 de una toma de TV.

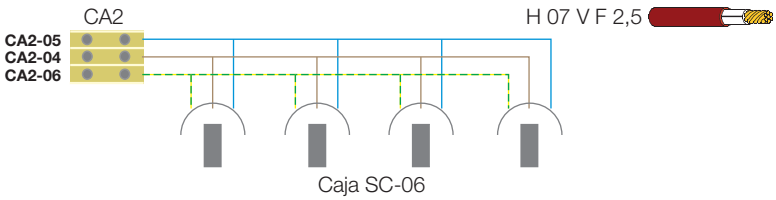


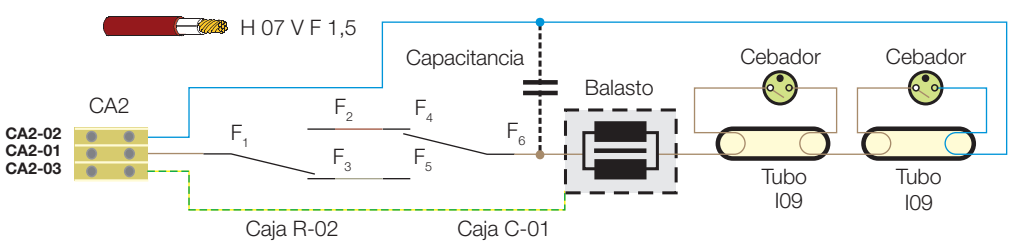
Fig. L6.3-079: *esquema correspondiente a las tomas de corriente para el equipo de sonido.*

Cargas y circuitos de la cocina

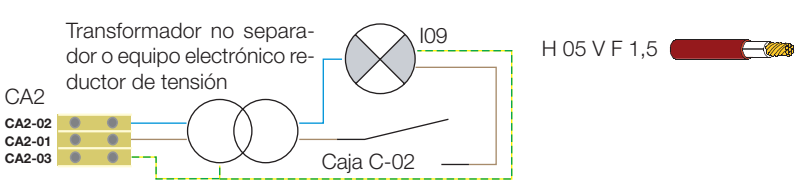
En la cocina tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1, cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_2, tomas de corriente derivadas de la línea C_5 para los utensilios móviles utilizados en la cocina, el horno y la cocina alimentados desde la línea C_3, la lavadora, el lavavajillas y el termo alimentados desde la línea C_4.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado y de la caja de derivación CA2, bornes CA2-01 y CA2-02 para los conductores activos y el CA2-03 para el conductor de protección:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 1,75 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Conducciones. Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA2 hasta las cajas de mecanismos C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, C-06 y hasta los puntos luz I09 situados en el techo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características de tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito:
□ Alumbrado general constituido por dos fluorescentes con balasto ferromagnético comandado por dos conmutadores, uno situado en la caja de entrada R-02 del repartidor de la planta baja y el otro en la C-01.



□ Alumbrado en tres puntos localizados.
Alumbrado para poder realizar trabajos puntuales, con lámpara de incandescencia a MBTS.



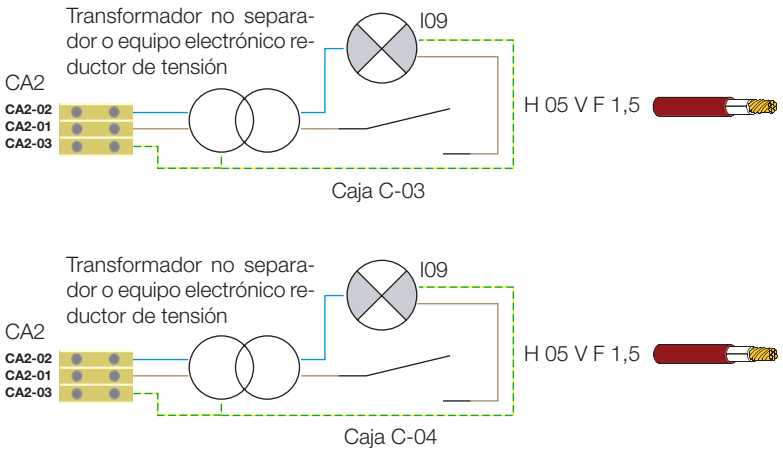


Fig. L6.3-080: *esquema correspondiente al alumbrado de la cocina.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las dos tomas de corriente previstas, frigorífico y extractor, es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 5\ ud = 862,5\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{862,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 4,08\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-04 y CA2-05 para los conductores activos y el CA2-06 para el conductor de protección; hasta una caja de mecanismos C-04:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 1,63 A de la carga) H 05 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito.

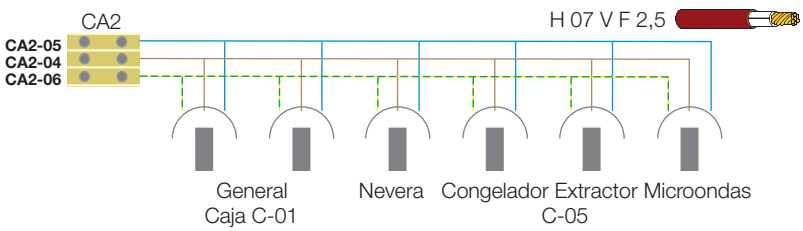


Fig. L6.3-081: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_2 de la cocina.*

Toma de corriente horno eléctrico

La carga correspondiente a la toma de corriente prevista para el horno eléctrico es de:

$$P = 5.400\ W \cdot 0,75 = 4.050\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{4.050\ W}{230\ V \cdot 1} = 17,60\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_3 de tomas de corriente para la cocina y el horno, desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-07 y CA2-08 para los conductores activos y el CA2-09 para el conductor de protección; hasta una caja de mecanismos C-06:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 6 mm^2 para la alimentación de la cocina y el horno (según la ITC-BT-25).

■ Esquema del circuito.

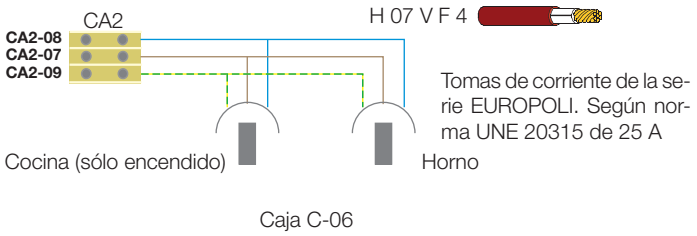


Fig. L6.3-082: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_3 de la cocina.*

Tomas de corriente para la lavadora, el lavavajillas y el termo eléctrico

La carga correspondiente a las tomas de corriente previstas para la lavadora el lavavajillas y el termo eléctrico es de:

$$P = 3.450\,W \cdot 0{,}66 \cdot 0{,}75 \cdot 3 = 5.123{,}25\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{5.123{,}25\ W}{230\ V \cdot 0{,}92} = 24{,}21\ A$$

Si aceptamos la alternativa que sólo debe funcionar la lavadora y el termo o el lavavajillas y el termo, tendremos:

$$P = 3.450\,W \cdot 0{,}66 \cdot 0{,}75 \cdot 2 = 3.415{,}5\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{3.415{,}5\ W}{230\ V \cdot 0{,}92} = 16{,}15\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_4 de tomas de corriente para la lavadora, el lavavajillas y el termo, desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-10 y CA2-11 para los conductores activos y el CA2-12 para el conductor de protección; hasta un cuadro intermedio CDC4 para el control del consumo y su discriminación; de éste a una caja de mecanismos C-06.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 4 mm^2 para la alimentación del lavavajillas, la lavadora y el termo (según la ITC-BT-25), pero en esta ocasión se trata de sólo dos elementos de consumo eléctrico al unísono. Si consideramos el consumo previsto de 3.450 W para cada uno de los dos elementos con un limitador de consumo máximo a 20 A. Un conductor de 2,5 mm^2 capaz de conducir permanentemente 24 A (C_2) (según tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen) sección suficiente para los 20 A permanentes H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito.

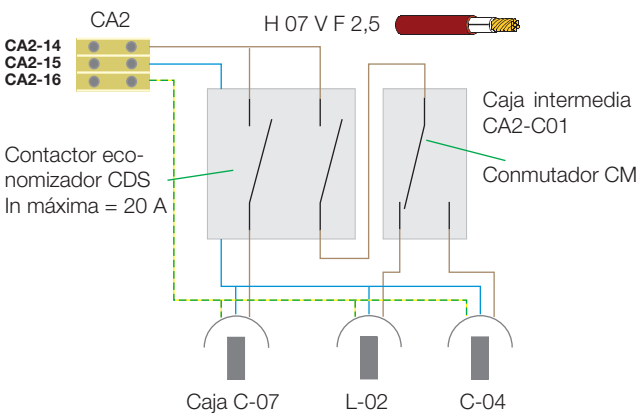


Fig. L6.3-083: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_4 de la cocina.*

Tomas de corriente para la cocina y el baño

La carga correspondiente a las tomas de corriente previstas para los utensilios portátiles de uso en la cocina y el baño, según la ITC-BT-25, especifica un máximo de 6 puntos de conexión. Para el cálculo de la potencia a consu-

mir es correcto, pero nos podemos encontrar con la necesidad de utilización de varios utensilios en espacios separados donde la simple colocación de sólo seis puntos de toma de corriente generales es deficiente, aunque la potencia prevista es muy superior a los consumos de estos utensilios; doblar el número de tomas de corriente es una solución más acorde a la necesidad de la utilización general y en este nivel de electrificación existe la prevision de desdoblarlo con la línea C_{12}, la cual la utilizaremos en el baño de la planta superior si es necesario:

$$P = 3.450\,W \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 6\,ud = 4.140\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{4.140\,W}{230\,V \cdot 0,92} = 19,57\,A$$

La carga se alimenta del circuito C_5 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA2, bornes CA2-13 y CA2-14 para los conductores activos y el CA2-15 para el conductor de protección; hasta varias cajas de mecanismos C-02, C-03 y C-04:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 capaz de conducir permanentemente 24 A (C_2) según tabla F7-131, página F/255 del 1.er Volumen, (sección suficiente para los 19,57 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito.

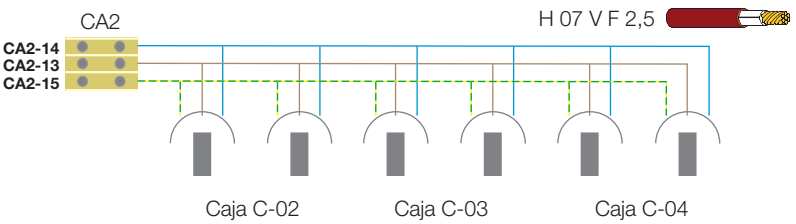


Fig. L6.3-084: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_5 de la cocina.*

L
6.3

Conducciones en el repartidor, escalera sala de estar-comedor y cocina

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA2 hasta las cajas de mecanismos R-01, R-02, R-03, ES-01, ES-02, ES-03, SC-01, SC-02, SC-03, SC-04, SC-05, SC-06, C-01, C-02, C-03, C´04, C-05, C-06, C-07 y L-02:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).

■ Para los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja; el conductor de protección puede ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2).

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I06 (R1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F6) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos R-01 (R2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, la fase, los puentes (F2-F4), (F3-F5) y (F2-F4), (F3-F5) de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos R-01 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado del repartidor de la planta baja.

□ Conmutador para la escalera.

□ Toma de corriente.

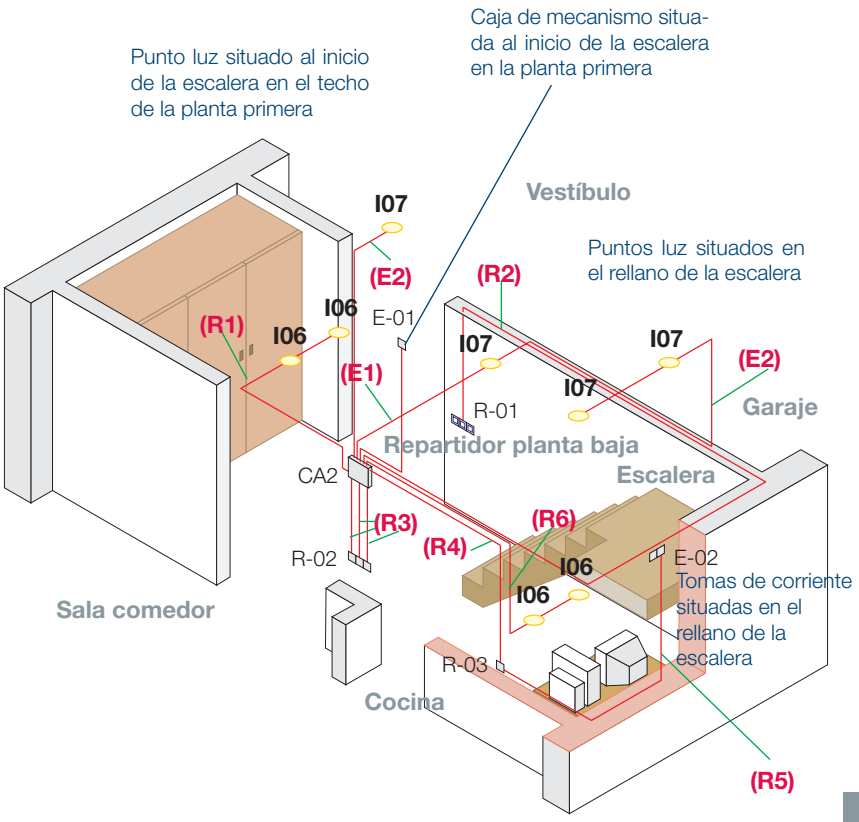


Fig. L6.3-085: *situación física del circuito de distribución en el repartidor de la planta baja y escalera.*

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos R-02 (R3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, el retorno de la fase puente (F6), los puentes (F4-F2), (F5-F3) y (F2-F6), (F3-F5) de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, los puentes (F2-F4), (F3-F5) de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos R-02 de cuatro elementos, tres conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado del repartidor de la planta baja.

□ Conmutador para el alumbrado general de la sala comedor.

□ Conmutador para el alumbrado general de la cocina.

□ Toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos R-03 (R4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase y el retorno de la fase puente (F2) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos R-03 de tres elementos, un interruptor y dos bases de toma de corriente:

□ Interruptor para el alumbrado general de la zona del equipo informático.

□ Tomas de corriente para los elementos del equipo no conectados a la red del SAI.

Conducciones entre la caja R-03 de mecanismos y la caja de mecanismos E-02 (R5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos E-02 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Tomas de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I06 (R6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos E-01 (E1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, el retorno de la fase puente (F6), los puentes (F4-F2), (F5-F3) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos E-01de tres elementos, un conmutador y dos bases de toma de corriente:
□ Conmutador para el alumbrado de la escalera.
□ Tomas de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I07 (E2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos SC-01 (SC1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, los puentes (F4-F8), (F7-F9) y (F6-F2), (F5-F3) de 1,5 mm^2 de la línea C_1.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos SC-01de cuatro elementos, dos conmutadores, un conmutador de cruzamiento y una base de toma de corriente:
□ Conmutador para el alumbrado de la zona de la mesa.
□ Conmutador para el alumbrado de la zona de los sofás.
□ Conmutador de cruzamiento para el alumbrado general.
□ Toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos SC-02 (SC2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2), (F5-F3) y el retorno de la fase puente (F6) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos SC-02 de dos elementos, un conmutador y una base de toma de corriente:
□ Conmutador para el alumbrado de la mesa del comedor.
□ Toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I08 (SC3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F6) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos L-01 (SC4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, los puentes (F4-F8), (F7-F9) y el retorno de la fase puente (F6) de 1,5 mm^2 de la línea C_1.
■ Caja de mecanismos L-03, se describe por pertenecer a la caja CA3 y en su momento se realizará dentro de su conjunto.

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I08 (SC5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F6) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

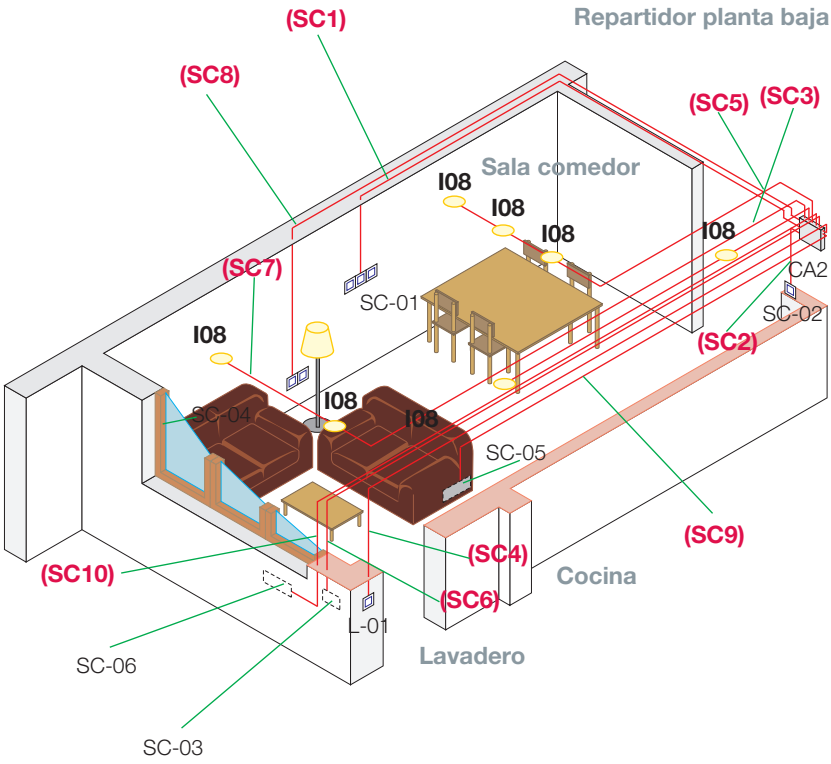


Fig. L6.3-086: *situación física del circuito de distribución en la sala comedor.*

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos SC-03 (SC6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2), (F5-F3) y el retorno de la fase puente (F6) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos SC-03 de dos elementos, un conmutador y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado de la zona de los sofás.

□ Toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I08 (SC7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F6) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos SC-04 (SC8)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase y el neutro de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos SC-04 de cuatro elementos, un interruptor, dos bases de toma de corriente y una base para la conexión telefónica:

□ Interruptor para dar tensión a una base de toma de corriente de alumbrado.

□ Toma de corriente para un punto luz portátil.

□ Toma de corriente.

□ Base de conexión teléfono.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos SC-05 (SC9)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos SC-04 de tres elementos, dos bases de toma de corriente y una base para la conexión TV:

□ Tomas de corriente.

□ Base de conexión TV.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos SC-06 (SC10)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos SC-06 de cuatro elementos, cuatro bases de toma de corriente:

□ Tomas de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-01 (C1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2), (F5-F3) y el retorno de la fase puente (F6) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos C-01 de dos elementos, un conmutador y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado general de la cocina.

□ Tomas de corriente.

Conducciones entre la caja CA2 y la base del punto luz I10 (C2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F6) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

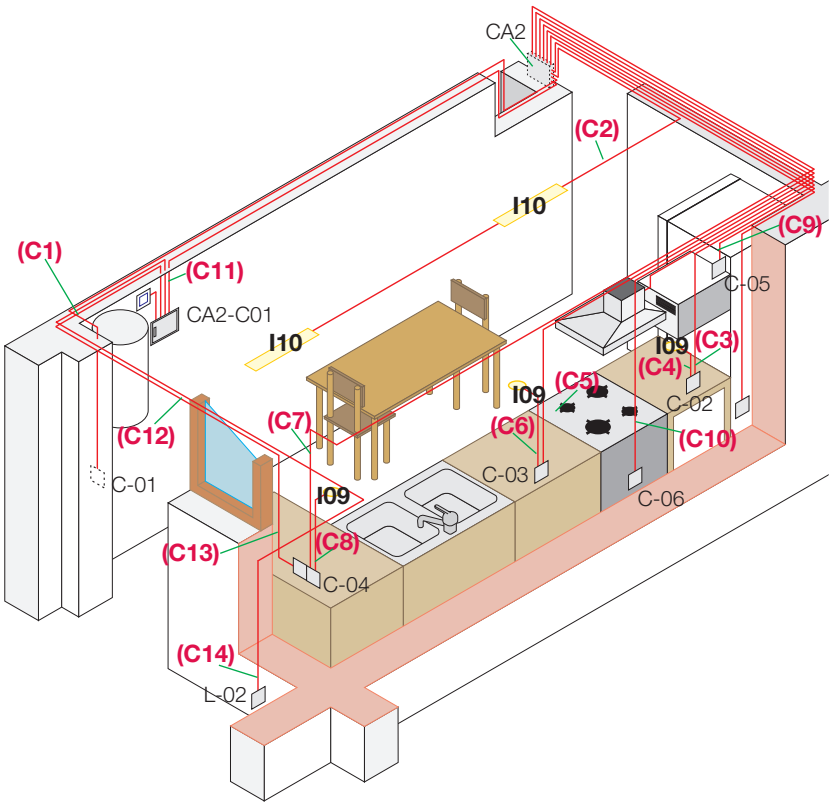


Fig. L6.3-087: *situación física del circuito de distribución en la cocina.*

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-02 (C3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, el neutro, la fase y el retorno de la fase puente (F2) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos C-02 de tres elementos, un interruptor y dos bases de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado localizado de la cocina.

□ Tomas de corriente.

Conducciones entre la caja de mecanismos C-02 y el punto luz I09 (C4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-03 (C5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, el neutro, la fase y el retorno de la fase puente (F2) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

Circuitos de la caja CA2

■ Caja de mecanismos C-03 de tres elementos, un interruptor y dos bases de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado localizado de la cocina.

□ Tomas de corriente.

Conducciones entre la caja de mecanismos C-03 y el punto luz I09 (C6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-04 (C7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, el neutro, la fase y el retorno de la fase puente (F2) de 1,5 mm^2 de la línea C_1 y la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos C-04 de cuatro elementos, un interruptor y tres bases de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado localizado de la cocina.

□ Tomas de corriente.

□ Toma de corriente reservada para el lavavajillas **(C13)**.

Conducciones entre la caja de mecanismos C-04 y el punto luz I09 (C8)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-05 (C9)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos SC-04 de cuatro elementos, cuatro bases de toma de corriente:

□ Toma de corriente para la nevera.

□ Toma de corriente para el congelador.

□ Toma de corriente para el microondas.

□ Toma de corriente para el extractor.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja de mecanismos C-06 (C10)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_3 de 6 mm^2.

■ Caja de mecanismos C-06 de dos elementos, dos bases de toma de corriente. Tomas de corriente de la serie EUROPOLI. Según norma UNE 20315 de 25 A:

- Toma de corriente para la cocina.
- Toma de corriente para el horno.

Conducciones entre la caja CA2 y la caja CA2-C01 (C11)

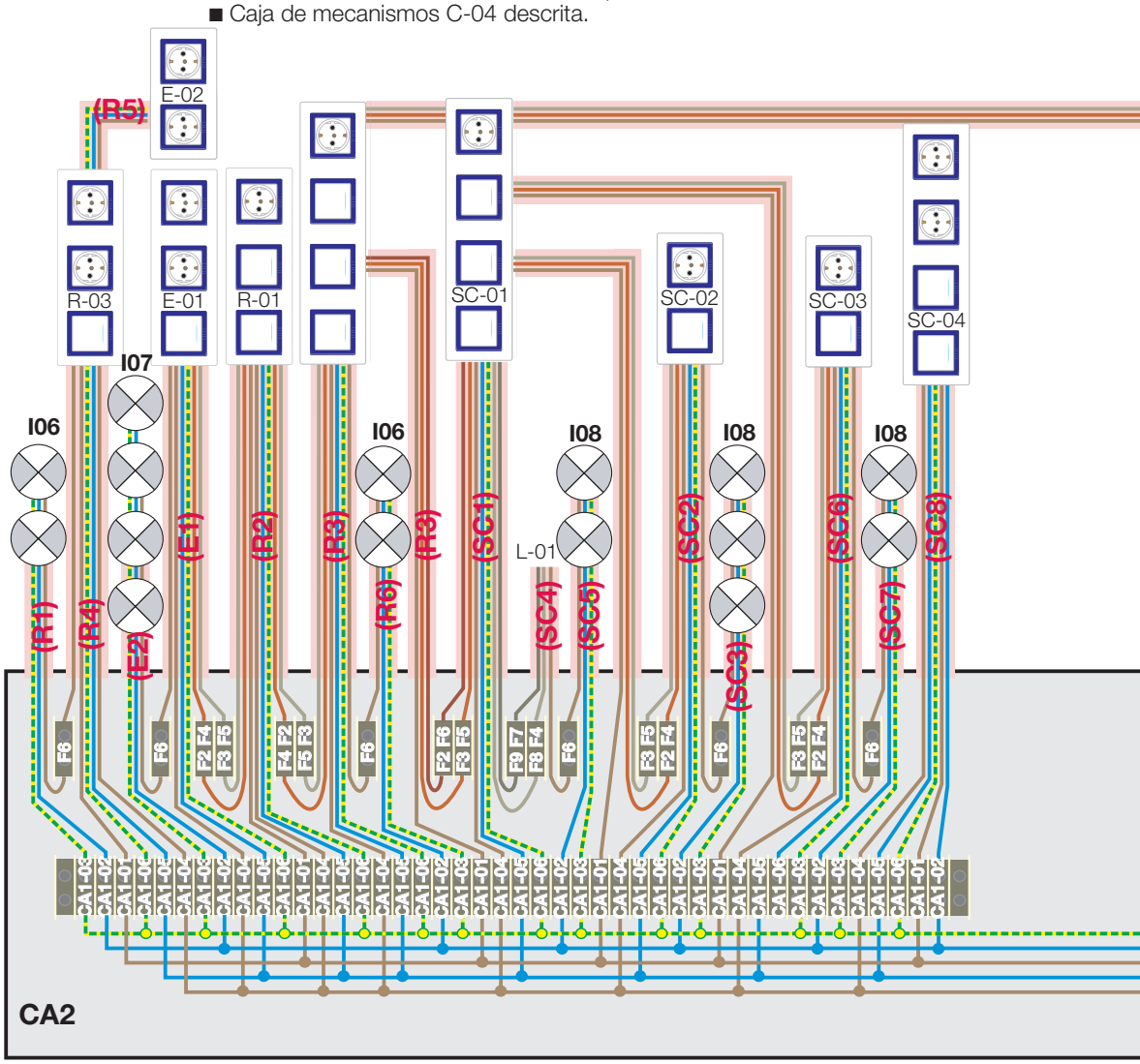
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 4 mm^2.
La caja ubica los equipos de control de la lavadora, el lavavajillas y el termo.

Conducciones entre la caja CA2-C01 y la caja C-07 de mecanismos (C12)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-07 de dos elementos, una base de toma de corriente y una base toma de corriente para el termo.

Conducciones entre la caja CA2-CA1 y la caja C-04 de mecanismos (C13)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos C-04 descrita.



Conducciones entre la caja CA2-CA1 y la caja L-03 de mecanismos (C14)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, fase, neutro y conductor de protección de la línea C_4, de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos L-02, su descrpción se realizará más adelante con la caja CA3.

Cargas y circuitos del lavadero

En el lavadero tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1, posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_2, Cargas derivadas de la caja CA2-C01 para la lavadora y carga derivada de la línea C_{10} secadora.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA3, bornes CA3-01 y CA3-02 para los conductores activos y el CA3-03 para el conductor de protección. En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I11; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 1 A:

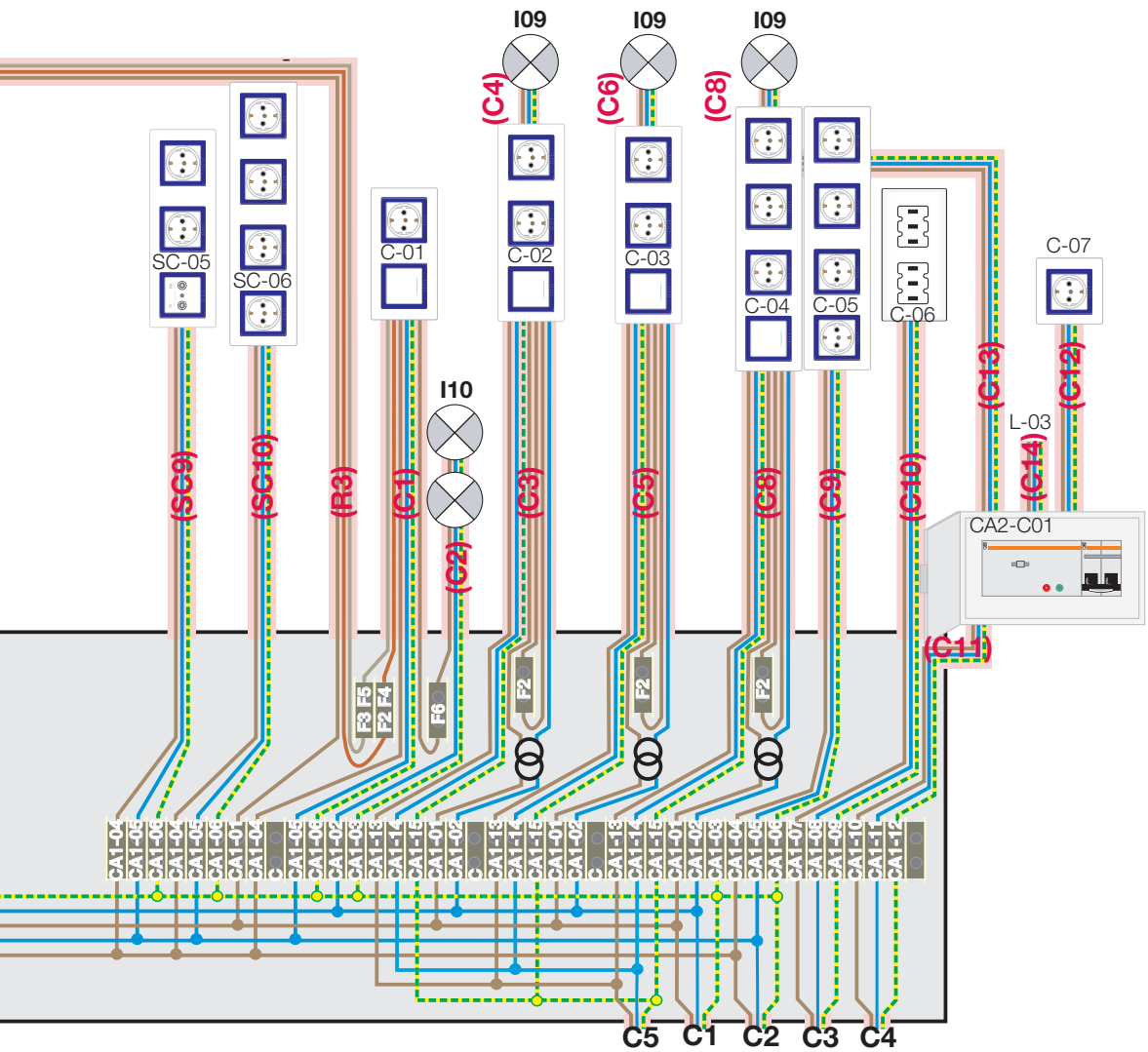


Fig. L6.3-088: *esquema de los circuitos y conexiones de la caja CA2.*

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 1.er Volumen).
■ Conducciones:
□ Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA3 hasta las cajas de mecanismos L-01, L-02 y L-03 hasta los puntos luz situados en el techo.
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito de alumbrado del lavadero.

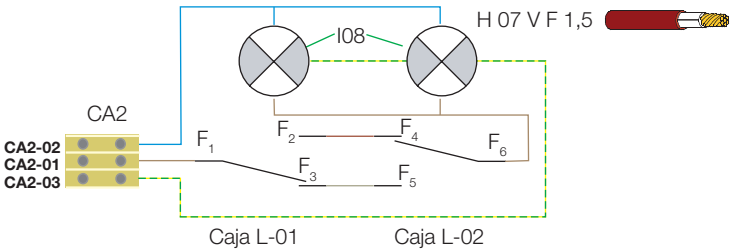


Fig. F6.3-089: *esquema correspondiente al alumbrado del lavadero.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las cuatro tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 4\ ud = 690\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{690\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 3,26\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_2 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-04 y CA3-05 para los conductores activos y el CA3-06 para el conductor de protección:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, pagina F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito.

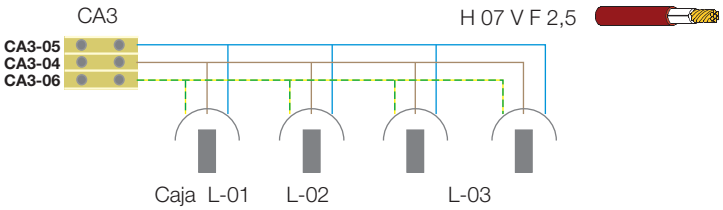


Fig. F6.3-090: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del lavadero.*

Cargas y circuitos del jardín

En el jardín tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_1, posibles cargas conectables a las tomas de corriente, alimentadas por la línea C_5.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_1 de alumbrado, desde la caja de derivación CA3, bornes CA3-01 y CA3-02 para los conductores activos y el CA3-03 para el conductor de protección:
■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I12 e I13; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB2; la intensidad de consumo 2,75 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2, según la ITC-BT-25 (sección suficiente para los 2,75 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

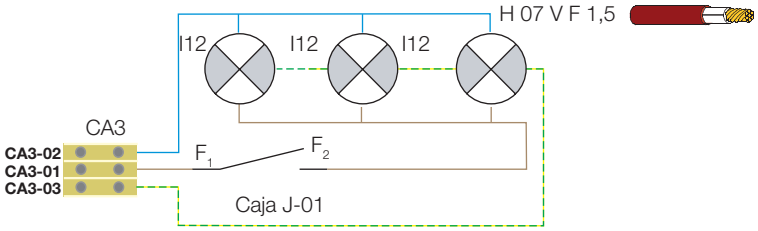
■ Conducciones:

□ Las conducciones deben trazarse desde la caja de derivaciones CA3 hasta la cajas de mecanismos J-01, y hasta los puntos luz situados en el techo de la marquesina, y las luminarias de farol con brazo situadas al entorno del jardín.

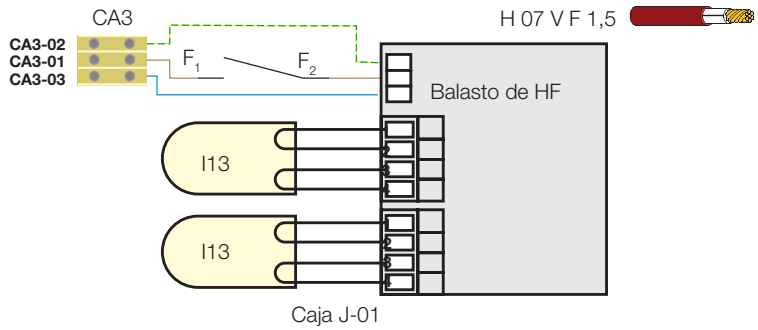
□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito de alumbrado del jardín:

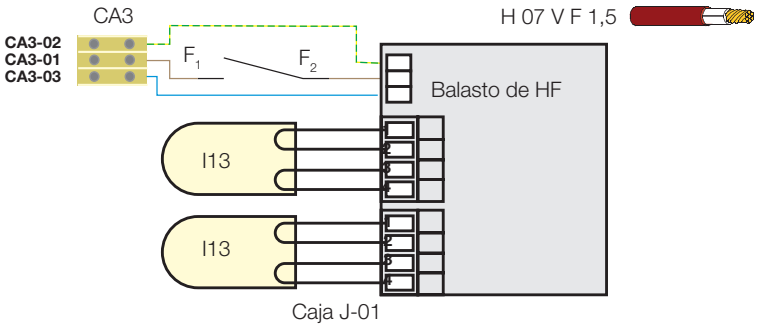
□ Alumbrado de la marquesina.



□ Alumbrado del sector 1 del jardín.



□ Alumbrado del sector 2 del jardín.



□ Alumbrado del sector 2 del jardín.

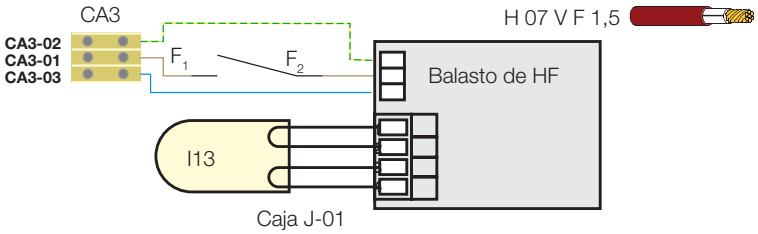


Fig. F6.3-091: *esquema correspondiente al alumbrado del jardín línea C_1.*

Tomas de corriente para la cocina y el baño

La carga correspondiente a las tomas de corriente previstas para los utensilios portátiles de uso en el jardín, según la ITC-BT-25, especifica un máximo de 6 puntos de conexión. Para el cálculo de la potencia a consumir es correcto, pero nos podemos encontrar con la necesidad de utilización de varios utensilios en espacios separados, donde la simple colocación de sólo seis puntos de toma de corriente generales es deficiente, aunque la potencia prevista es muy superior a los consumos de estos utensilios; doblar el número de tomas de corriente es una solución más acorde a la necesidad de la utilización general, y en este nivel de electrificación existe la prevision de desdoblarlo con la línea C_{12}, la cual la utilizaremos en el baño de la planta superior:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 6\ ud = 4.140\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{4.140\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 19,57\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_5 de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA3, bornes CA3-13 y CA3-14 para los conductores activos y el CA3-15 para el conductor de protección, hasta varias cajas de mecanismos J-02, J-03 y J-04:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 capaz de conducir permanentemente 24 A (C_2) según tabla F7-131, página F/255 del 1.^{er} Volumen (sección suficiente para los 19,57 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito.

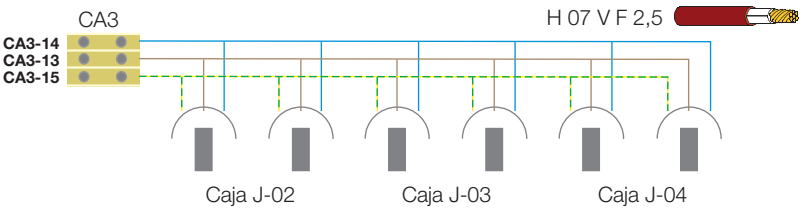


Fig. L6.3-092: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del circuito C_5 del jardín.*

Conducciones en el repartidor, escalera, sala de estar-comedor y cocina

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA3 hasta las cajas de mecanismos L-01, L-02, L-03, J-01, J-02, J-03 y J-04:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen).

■ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja; el conductor de protección puede ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2).

Conducciones entre la caja CA3 y la base del punto luz I11 (L1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F6) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos L-01 (L2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2), (F5-F3) y el retorno de la fase puente (F6) de 1,5 mm^2 de la línea C_1, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos L-01 de tres elementos, dos conmutadores y una base de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado de la sala de estar-comedor.

□ Conmutador para el lavadero.

□ Toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos L-02 (L3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F2-F4), (F3-F5) y (F2-F4) y la fase, de 1,5 mm^2 de la línea C_1, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos L-02 de tres elementos, un conmutador y dos bases, de toma de corriente:

□ Conmutador para el alumbrado de la sala de estar-comedor.

□ Conmutador para el lavadero.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos L-03 (L4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 y la fase y el neutro de la línea C_{10} de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos L-03 de cuatro elementos, cuatro bases de toma de corriente:

□ Base toma de corriente para la lavadora.

□ Base toma de corriente para la secadora.

□ Dos bases toma de corriente.

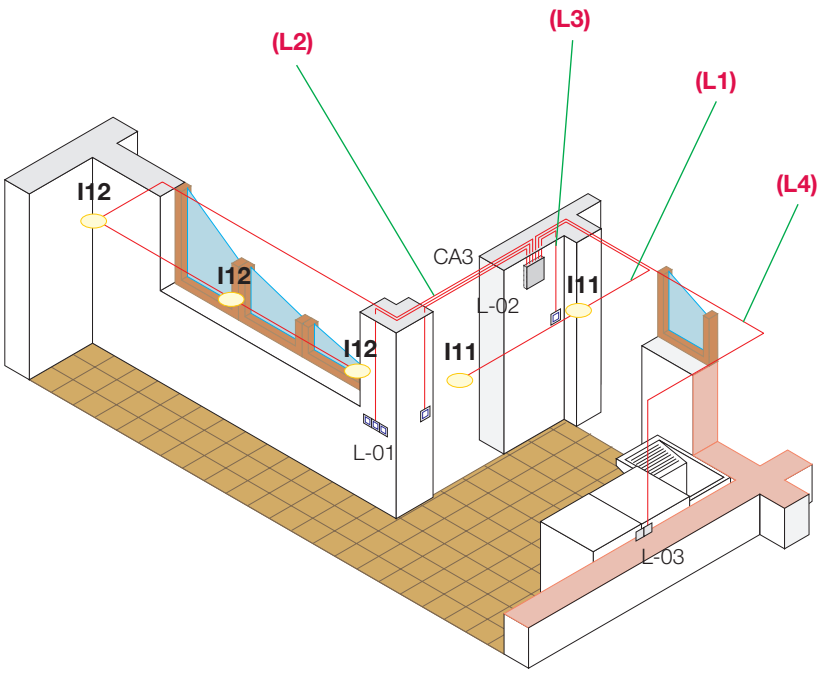


Fig. L6.3-093: *situación física del circuito de distribución en la zona del lavadero.*

Conducciones entre la caja CA3 y la base del punto luz I12 (J1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos J-01 (J2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, la fase y los puentes (F2), (F2), (F2) y (F2), de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

■ Caja de mecanismos J-02 de cuatro elementos, cuatro conmutadores:

□ Conmutador para el alumbrado de la marquesina del jardín.

□ Conmutador para el alumbrado de la sección 1.ª del jardín.

□ Conmutador para el alumbrado de la sección 2.ª del jardín.

□ Conmutador para el alumbrado de la sección 3.ª del jardín.

Conducciones entre la caja CA3 y la base del punto luz I13 (J3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) de la sección de alumbrado 1.ª, el retorno de la fase puente (F2) de la sección de alumbrado 2.ª y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA3 y la base del punto luz I13 (J4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, el conductor neutro, el retorno de la fase puente (F2) de la sección de alumbrado 3.ª, y el de protección de 1,5 mm^2 de la línea C_1.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos J-02 (J5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos J-02 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Bases de toma de corriente.

Conducciones entre la caja de mecanismos J-02 y la caja de mecanismos J-03 (J6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos J-03 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Bases de toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos J-04 (J7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_5 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos J-04 de dos elementos, dos bases de toma de corriente:
□ Bases de toma de corriente.

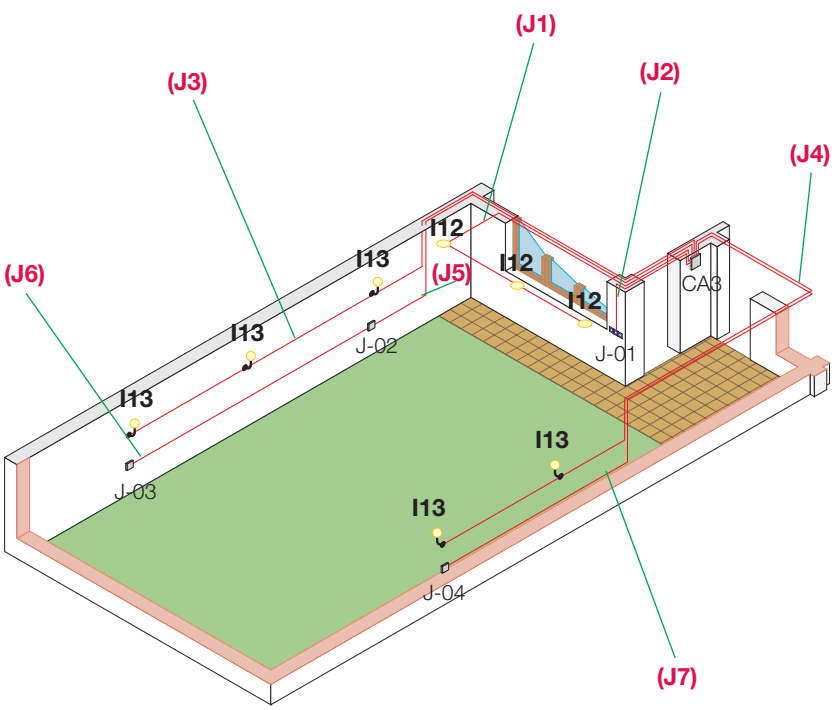


Fig. L6.3-094: *situación física del circuito de distribución del jardín.*

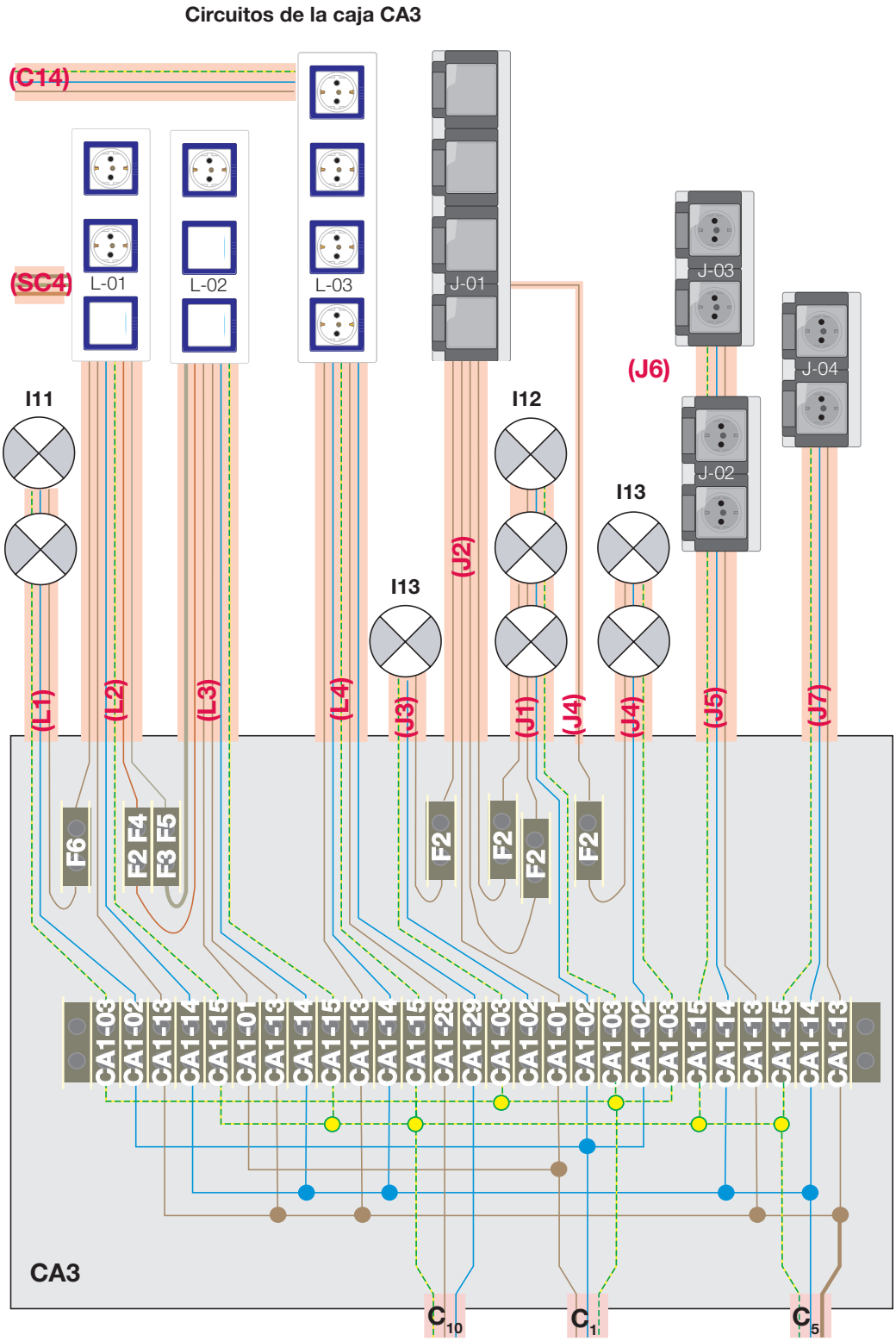


Fig. L6.3-095: *esquema de los circuitos y conexiones de la caja CA2.*

Cargas y circuitos del dormitorio de cama doble

En el dormitorio de cama doble solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_6, y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_7.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_6 de alumbrado y desde la caja de derivación CA4, bornes CA4-16 y CA4-17 para los conductores activos y el CA4-18 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531,encontramos los datos de la carga: ref. I19; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 1 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,9 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

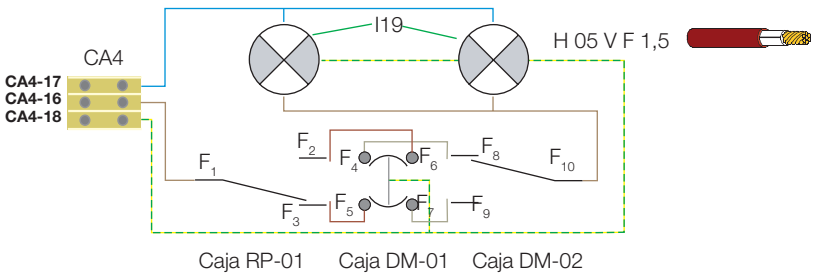
■ Conducciones. Las conducciones se sitúan desde la caja general CA4 a la de mecanismos DM-01, DM-02, DM-03 y hasta los puntos luz situados en el techo:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).

□ Los conductos según Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito:

□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandadas desde tres puntos, por un interruptor ubicado en la caja de entrada RP-02 situada en el repartidor de la primera planta, conmutador de cruzamiento ubicado en la caja DM-01 y conmutador ubicado en la caja DM-02.



□ Alumbrado en dos puntos localizados. Este alumbrado se sitúa en las mesillas de noche, con acceso a la línea C_6 a través de una toma de corriente y un interruptor situado en la caja DM-01, para la mesilla de la derecha y en la caja DM-02 para la de la izquierda.

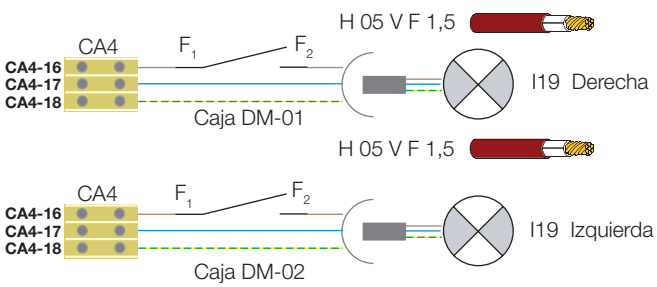


Fig. L6.3-096: *esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de cama doble.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las cuatro tomas de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 4\ ud = 690\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{690\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 3,26\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_7 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-19 y CA4-20 para los conductores activos y el CA4-21 para el conductor de protección:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sección suficiente para los 3,26 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito.

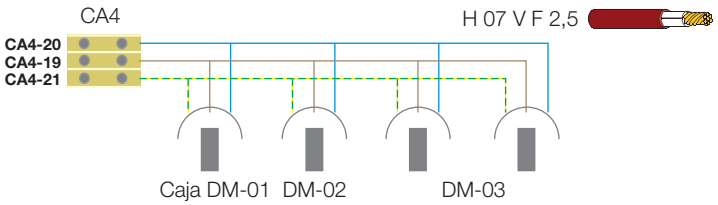


Fig. F6.3-097: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio de cama doble DM.*

Cargas y circuitos del dormitorio de dobles camas D2 y terraza T2

En el dormitorio de doble cama solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_6, y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_7.

En la habitación se sitúa un equipo informático con PC, pantalla e impresora, en el que el PC y la pantalla se alimentan de la línea C_{11A} provinente del SAI.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_6 de alumbrado y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-16 y CA4-17 para los conductores activos y el CA4-18 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I20 para el dormitorio D2 e I21 para la terraza T2; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1 para el dormitorio y BB2 para la terraza; la intensidad de consumo 1,25 A para el dormitorio D2 y los 0,5 A para el alumbrado de la terraza.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm² (sección suficiente para los 1,75 A de la carga) H 05 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

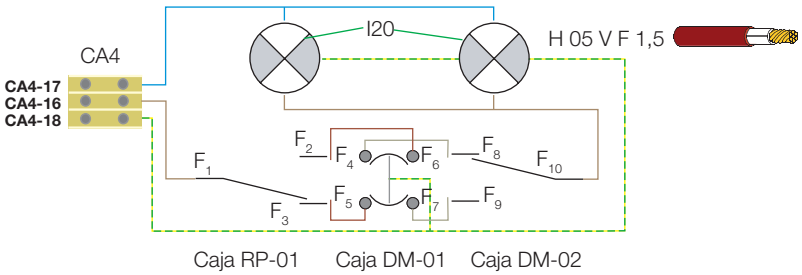
■ Conducciones. Las conducciones se sitúan desde la caja general CA3 a la de mecanismos D2-01, D2-02, D2-03, D2-04 y hasta los puntos luz en el techo:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).

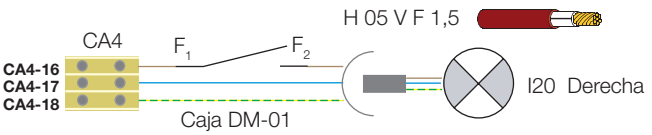
□ Los conductos según Tabla F7-116, página F/242 del 1.er Volumen).

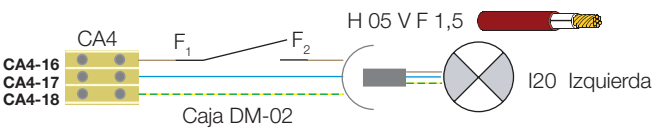
■ Esquema del circuito:

□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandadas desde tres puntos por un conmutador situado en la caja de entrada RP-01 situada en el repartidor del piso, conmutador de cruzamiento situado en la caja D2-01 y conmutador situado en la caja D2-02.

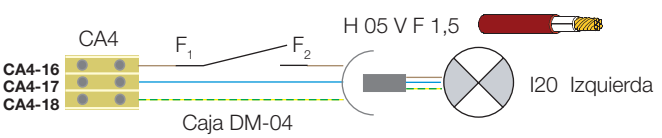


□ Alumbrado en dos puntos localizados. Este alumbrado se sitúa en la cabecera de las camas y con acceso a la línea C_6 a través de una toma de corriente y un interruptor situado en la caja D2-01 para cama de la derecha y en la caja D2-02 para la de la izquierda.





□ Alumbrado del equipo informático. Este alumbrado corresponde a una lámpara portátil y con acceso a la línea C_6 a través de una toma de corriente y un interruptor ubicado en la caja D2-04.



□ Alumbrado de la terraza.
□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandadas desde dos puntos por un conmutador situado en la caja D2-04 y por un conmutador situado en la caja T2-01.

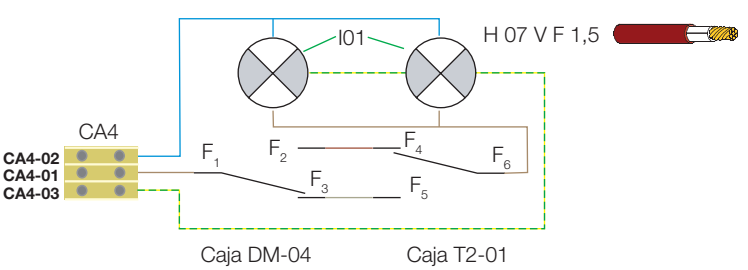


Fig. L6.3-098: *esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio D2 de doble cama.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las ocho tomas de corriente prevista, cuatro de generales para el dormitorio, dos para el equipo informático y dos para la terraza es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 8\ ud = 1.380\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{1.380\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 6,52\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_7 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-19 y CA4-20 para los conductores activos y el CA4-21 para el conductor de protección:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 6,52 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).

■ Esquema del circuito.

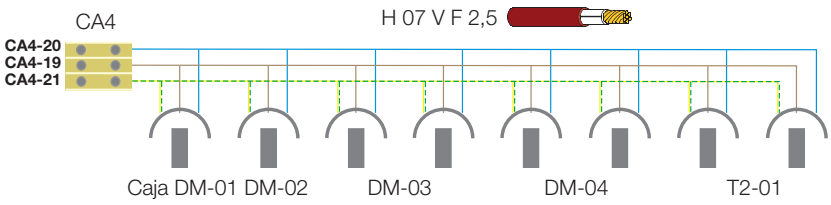


Fig. L6.3-099: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio D2 y la terraza T2.*

Cargas y circuitos del repartidor del piso

En el repartidor del piso solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_6 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_7.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_6 de alumbrado y de la caja de derivación CA3, bornes CA3-01 y CA3-02 para los conductores activos y el CA3-03 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I15; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1; la intensidad de consumo 0,5 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Conducciones. Las conducciones se sitúan desde la caja general CA4 a la de mecanismos R-01 y E-03, hasta el punto luz situado en el techo:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen.

□ Los conductos según Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen.

■ Esquema del circuito. Alumbrado general constituido por una lámpara incandescente comandada desde dos puntos por un conmutador situado en la caja del repartidor del piso, RP-01 a la entrada del pasillo y otro conmutador situado en la caja E-03 del inicio de la escalera.

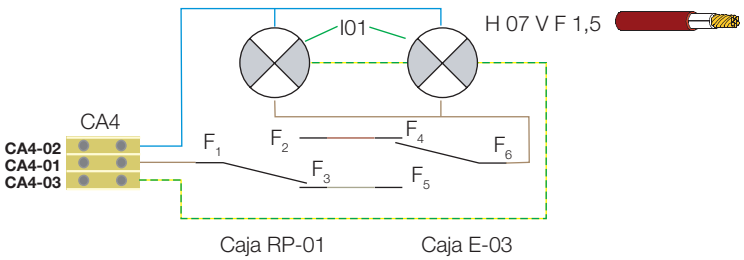


Fig. L6.3-100: *esquema correspondiente al alumbrado del repartidor del piso.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a la toma de corriente prevista es de:

$$P = 3.450\ W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 1\ ud = 172,5\ W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos \varphi} = \frac{172,5\ W}{230\ V \cdot 0,92} = 0,82\ A$$

La carga se alimenta del circuito C_7 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA4, bornes CA4-19 y CA4-20 para los conductores activos y el CA4-21 para el conductor de protección.

La toma de corriente está situada en la caja del pasillo RP-01:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 0,82 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).
■ Esquema del circuito.

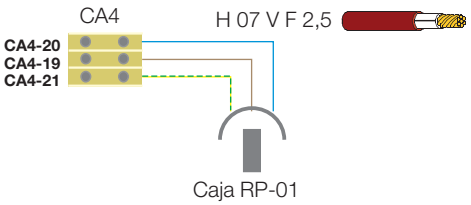


Fig. L6.3-101: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del repartidor del piso.*

Situación cargas en el dormitorio de cama doble DM

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz general I21 (DM1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F10), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos DM-01 (DM2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, la fase, el neutro, los puentes (F4-F8) y (F7-F9) y los puentes (F6-F4) y (F3-F3) de la línea C_6 de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro, y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos DM-01 de cuatro elementos, dos conmutadores y dos bases toma corriente:
□ Conmutador para el alumbrado general.
□ Interruptor para el alumbrado de la mesilla de noche.
□ Base para la toma de corriente de la mesilla de noche.
□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos DM-02 (DM3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos DM-02 de cuatro elementos, dos conmutadores y dos bases toma corriente:
□ Conmutador para el alumbrado general.
□ Interruptor para el alumbrado de la mesilla de noche.
□ Base para la toma de corriente de la mesilla de noche.
□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja de mecanismos DM-01 y la caja de mecanismos DM-02 (DM4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase, el neutro, la línea C_6 de 1,5 mm^2, la fase, el neutro, y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos DM-03 (DM5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_2 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos DM-03 de dos elementos, dos bases toma corriente.

Conducciones entre la caja CA3 y la caja de mecanismos RP-01 (DM6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F8-F4) y (F9-F10), el retorno de la fase puente (F10) de la línea C_6 de 1,5 mm² y la fase, el neutro, y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm².

■ Caja de mecanismos RP-01 de cuatro elementos, tres conmutadores y una base toma corriente:

□ Conmutador para el alumbrado general del dormitorio DM.

□ Conmutador para el alumbrado general del dormitorio DM.

□ Conmutador para el alumbrado general del repartidor del piso.

□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

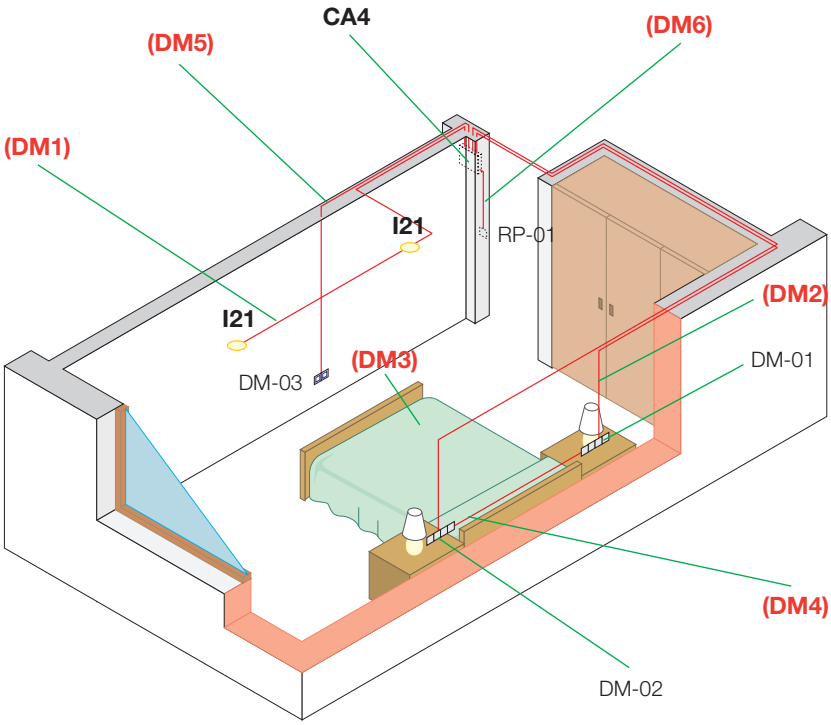


Fig. L6.3-102: *perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de cama doble DM.*

Situación cargas en el dormitorio de doble cama D2

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz general I20 (D2-1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F10), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm².

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos D2-01 (D2-2)

■ 1 - Conducto con tubo de Ø 20 mm con seis conductores, la fase, el neutro, los puentes (F4-F8) y (F7-F9) y los puentes (F6-F4) y (F3-F3) de la línea C_6 de 1,5 mm².

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro, y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm².

■ Caja de mecanismos D2-01 de cuatro elementos, dos conmutadores y dos bases toma corriente:

□ Conmutador para el alumbrado general.

□ Interruptor para el alumbrado de cabecera de la cama de la derecha.

□ Base para la toma de corriente para el alumbrado de la cabecera de la cama de la derecha.

□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos D2-02 (D2-3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con dos conductores, los puentes (F2-F6) y (F3-F5) de 1,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos DM-02 de cuatro elementos, dos conmutadores y dos bases toma corriente:

□ Conmutador para el alumbrado general.

□ Interruptor para el alumbrado de cabecera de la cama de la izquierda.

□ Base para la toma de corriente para el alumbrado de la cabecera de la cama de la izquierda.

□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja de mecanismos D2-01 y la caja de mecanismos D2-02 (D2-4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase, el neutro, la línea C_6 de 1,5 mm^2, la fase, el neutro, y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos D2-03 (D2-5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos DM-03 de dos elementos, dos bases toma corriente.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos RP-01 (D2-6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F8-F4) y (F9-F7), el retorno de la fase puente (F10) de la línea C_6 de 1,5 mm^2 y la fase, el neutro, y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos D2-04 (D2-7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, la fase, los puentes (F2-F4) y (F3-F5), el retorno de la fase puente (F10) de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

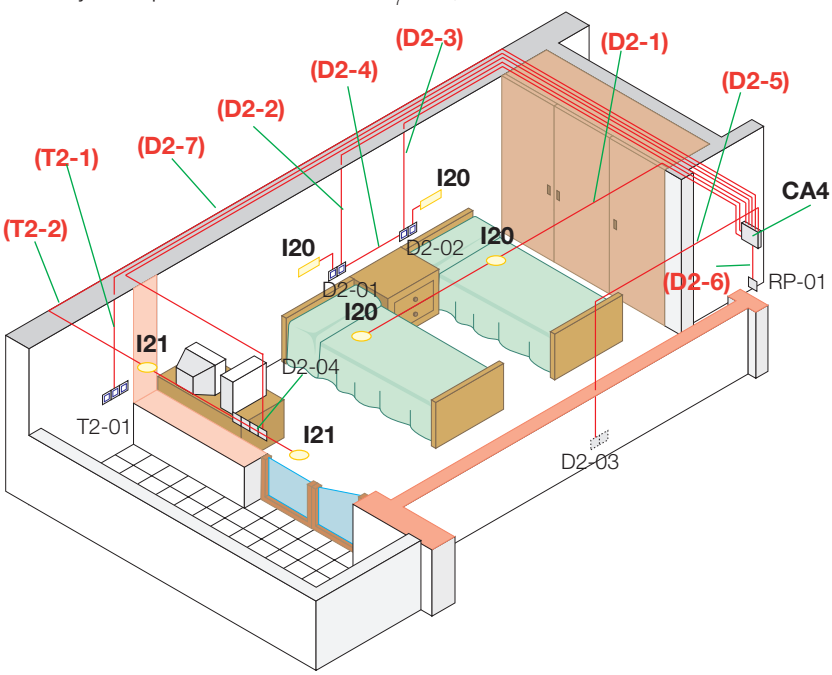


Fig. L6.3-103: *perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de doble cama D2.*

■ Caja de mecanismos D2-04 de cuatro elementos, dos conmutadores y dos bases toma corriente:
□ Interruptor para el alumbrado localizado en la zona del equipo informático.
□ Conmutador para el alumbrado de la terraza T2.
□ Bases para las tomas de corriente de la línea C_7

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz zona informática I20 (D2-8)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F2), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos T2-01 (T2-1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2) y (F5-F3), el retorno de la fase puente (F6) de la línea C_6 de 1,5 la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos T2-01 de tres elementos, un conmutador y dos bases toma corriente:
□ Conmutador para el alumbrado de la terraza T2.
□ Bases para las tomas de corriente de la línea C_7 .

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz de la terraza T2; I21 (T2-2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

Situación cargas en el repartidor del piso

Conducciones entre la caja CA4 y el punto luz general I15 (RP1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos RP-01 (RP2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase y los puentes (F2-F4) y (F3-F5), de la línea C_6 de 1,5.

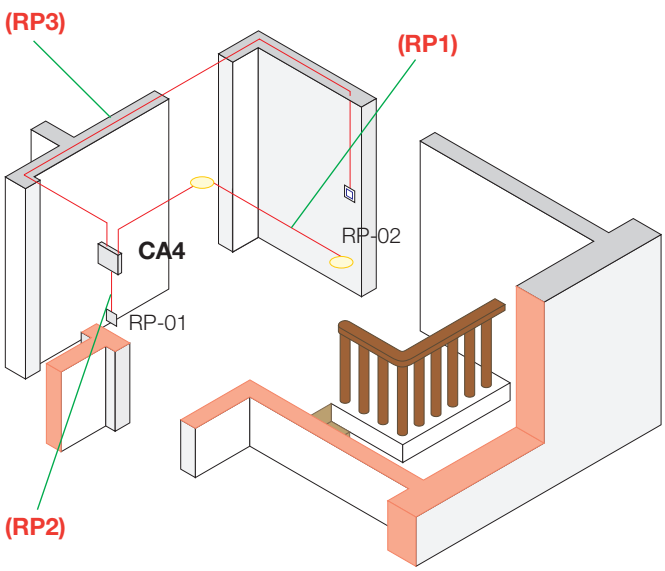


Fig. L6.3-104: *perspectiva de situación de las cargas en el repartidor del piso.*

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos RP-02 (RP3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2) y (F5-F3) y el retorno de la fase (F6), de la línea C_6 de 1,5 mm^2 la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos RP-01 de cuatro elementos tres conmutadores y una base toma corriente:
□ Conmutador para el alumbrado de la terraza del dormitorio DM.
□ Conmutador para el alumbrado de la terraza del dormitorio D2.
□ Conmutador para el alumbrado del repartidor del piso.
□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Esquema de la caja CA4

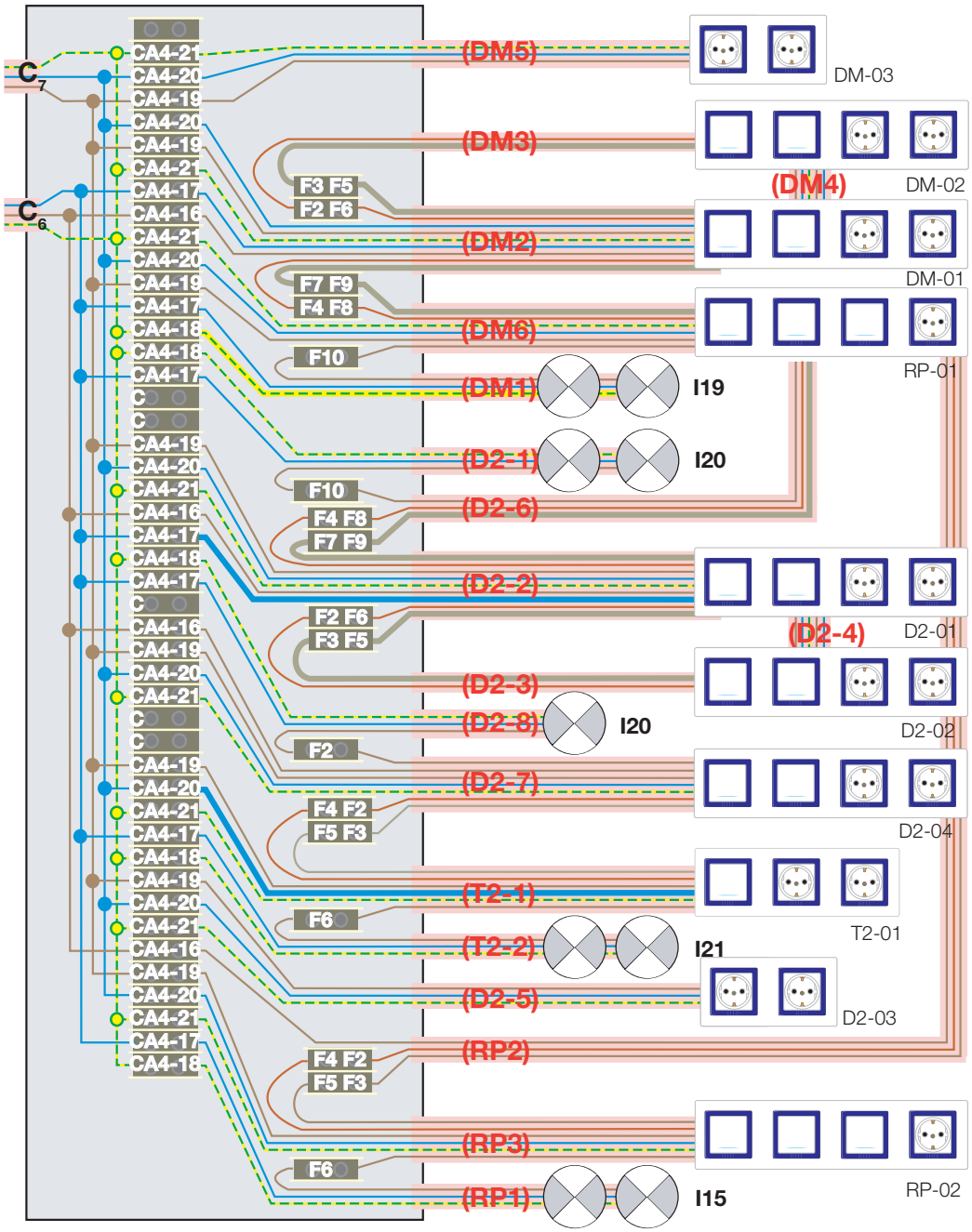


Fig. L6.3-105: *circuitos y bornes de la caja CA4.*

Cargas y circuitos del dormitorio de una cama y la terraza T1

En el dormitorio de una cama solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_6 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_7.

Alumbrado

La carga se alimenta del circuito C_6 de alumbrado y desde la caja de derivación CA5, bornes CA5-16 y CA5-17 para los conductores activos y el CA5-18 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga del dormitorio ref. I17, la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB1, la intensidad de consumo 1 A; y las de la terraza T1 ref. I18, la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB2, la intensidad de consumo 0,5 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para los 1,5 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

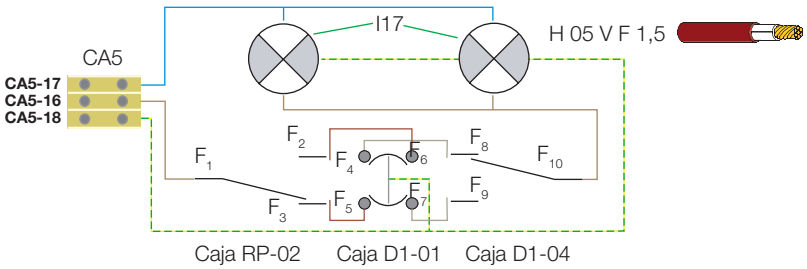
■ Conducciones.Las conducciones se sitúan desde la caja general CA5 a la de mecanismos RP-02, D1-01, D1-02, D1-03, D1-04 T1-01 y hasta los puntos luz situados en el techo:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.^{er} Volumen).

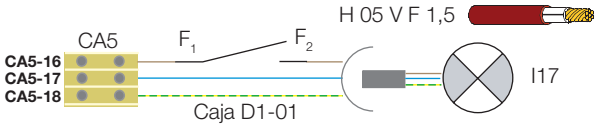
□ Los conductos según Tabla F7-116, página F/242 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito.

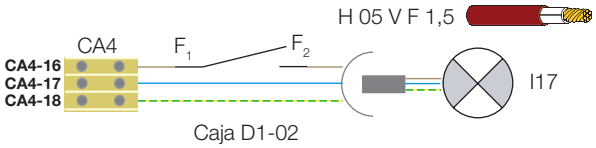
□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandadas desde tres puntos por un interruptor situado en la caja de entrada RP-02 situada en el repartidor de la primera planta, conmutador de cruzamiento situado en la caja D1-01 y conmutador situado en la caja D1-04.



□ Alumbrado en un punto localizado. Este alumbrado se sitúa en la mesilla de noche y con acceso a la línea C_6 a través de una toma de corriente y un interruptor situado en la caja D1-01.



□ Alumbrado del equipo informático. Este alumbrado corresponde a una lámpara portátil y con acceso a la línea C_6 a través de una toma de corriente y un interruptor situado el la caja D2-04.



□ Alumbrado de la terraza.
□ Alumbrado general constituido por dos lámparas incandescentes comandadas desde dos puntos por un conmutador situado en la caja D2-04 y por un conmutador situado en la caja T2-01.

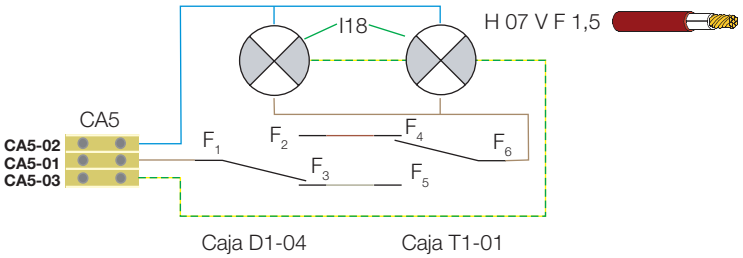


Fig. L6.3-106: *esquema correspondiente al alumbrado del dormitorio de una cama.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las ocho tomas de corriente prevista, cuatro de generales para el dormitorio, dos para el equipo informático y dos para la terraza es de:

$$P = 3.450\,W \cdot 0,2 \cdot 0,25 \cdot 8\,ud = 1.380\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{1.380\,W}{230\,V \cdot 0,92} = 6,52\,A$$

La carga se alimenta del circuito C_7 de tomas de corriente y de la caja de derivación CA-4, bornes CA4-19 y CA4-20 para los conductores activos y el CA4-21 para el conductor de protección:

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm^2 (sección suficiente para los 6,52 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Esquema del circuito.

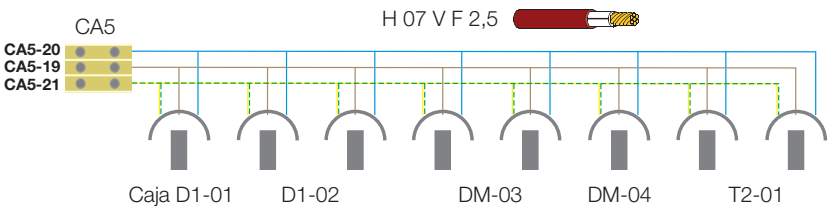


Fig. L6.3-107: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del dormitorio D1 y la terraza T2.*

Cargas y circuitos del baño

En el baño solamente tenemos cargas de alumbrado alimentadas por la línea C_6 y cargas conectables a las tomas de corriente alimentadas por la línea C_{12} y un circuito de equipotencialidad conectado al borne CA5-00 de la caja CA5.

Alumbrado

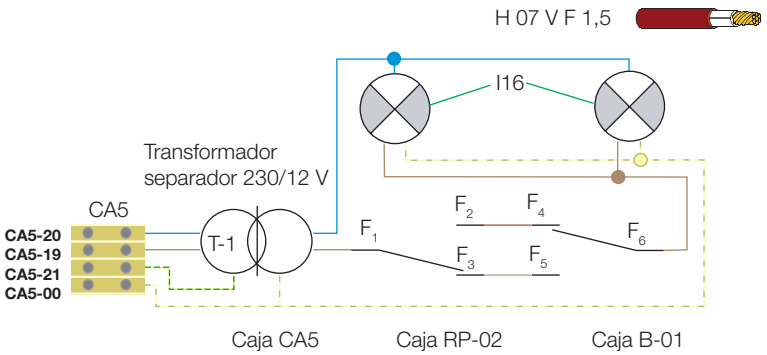
La carga se alimenta del circuito C_6 de alumbrado y desde la caja de derivación CA5, bornes CA5-16 y CA5-17 para los conductores activos y el CA5-18 para el conductor de protección:

■ En la tabla L6.3-059, página L/531, encontramos los datos de la carga: ref. I16; la situación del entorno con respecto a la resistencia del cuerpo humano BB3; la intensidad de consumo 1 A.

■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 1,5 mm^2 (sección suficiente para el 1 A de la carga) H 07 V F 1,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.^{er} Volumen).

■ Conducciones. Las conducciones desde la caja de CA5 para el transformador de aislamiento, hasta el punto luz situado en el techo y el conmutador situado en la caja de mecanismos RP-02 del repartidor del piso o la B-01 del baño, deberán ser:

□ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen.
□ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja, permiten que, el conductor de protección pueda ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm²) pero en nuestro caso debe ser el conductor de equipotencialidad.
■ Esquema del circuito:
□ Punto luz situado en el techo.



□ Punto luz situado encima del lavabo.

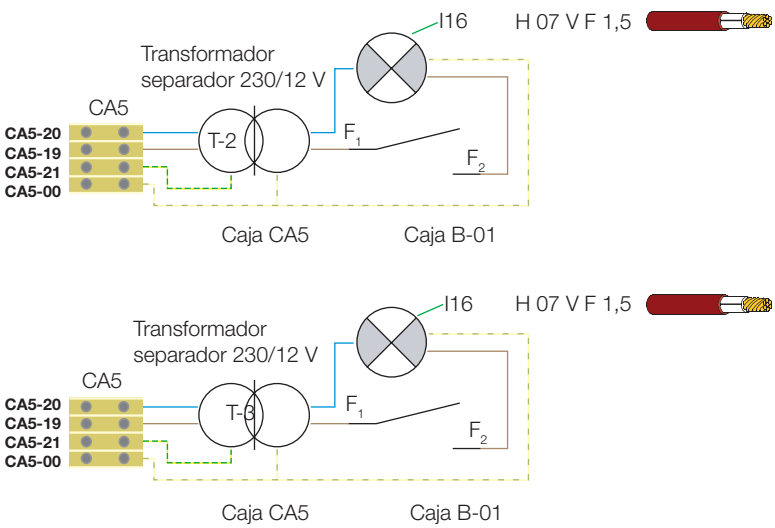


Fig. L6.3-108: *esquema correspondiente al alumbrado del baño.*

Tomas de corriente

La carga correspondiente a las tres tomas de corriente se alimentará a través de tres transformadores de aislamiento 230/230 V, la carga prevista es de:

$$P = 3.450\,W \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}25 \cdot 3\,ud = 517{,}5\,W;\ I = \frac{P}{Ue \cdot \cos\varphi} = \frac{517{,}5\,W}{230\,V \cdot 0{,}92} = 2{,}45\,A$$

La carga se alimenta del circuito C_{12} de tomas de corriente y desde la caja de derivación CA5, bornes CA5-07 y CA5-08 para los conductores activos, el CA5-10 para el conductor de protección y CA5-00; donde situaremos los transformadores de aislamiento de 230/230 V:
■ Conductores. El conductor debe tener una sección mínima de 2,5 mm² (sec-

ción suficiente para los 2,45 A de la carga) H 07 V F 2,5 (según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Esquema del circuito.

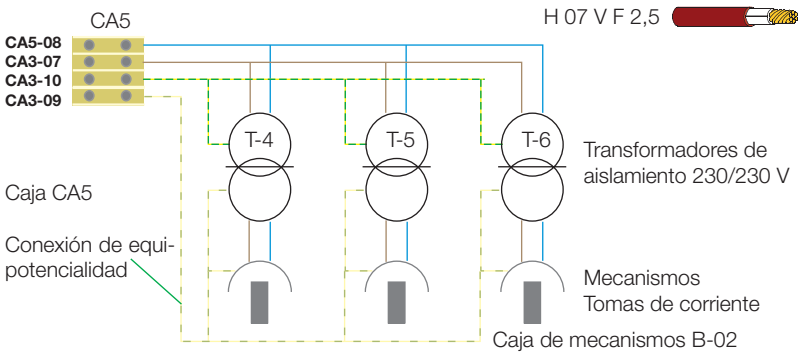


Fig. L6.3-109: *esquema correspondiente a las tomas de corriente del baño.*

Situación cargas en el dormitorio de una cama D1

Conducciones entre la caja CA5 y el punto luz general I17 (D1-1)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F10), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos RP-02 (D1-2)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, los puentes (F6-F2) y (F5-F3) de la línea C_6 de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos RP-02 (ya descrita).

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos D1-01 (D1-3)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con dos conductores; la fase, el neutro, los puentes (F2-F6) y (F3-F5), los puentes (F4-F8) y (F7-F9) de la línea C_6 de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos D1-01 de cuatro elementos, dos conmutadores y dos bases toma corriente:
□ Conmutador para el alumbrado general.
□ Interruptor para el alumbrado de cabecera de la cama.
□ Base para la toma de corriente para el alumbrado de la cabecera de la cama.
□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos D1-02 (D1-4)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con cinco conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2 y la fase y el neutro de la línea C_6 de 1,5 mm^2.
■ Caja de mecanismos D1-02 de tres elementos, un interruptor y dos bases toma corriente:
□ Interruptor para el alumbrado de la zona informática.
□ Base para la toma de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja CA5 y el punto luz zona informática I17 (D1-5)
■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F2), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

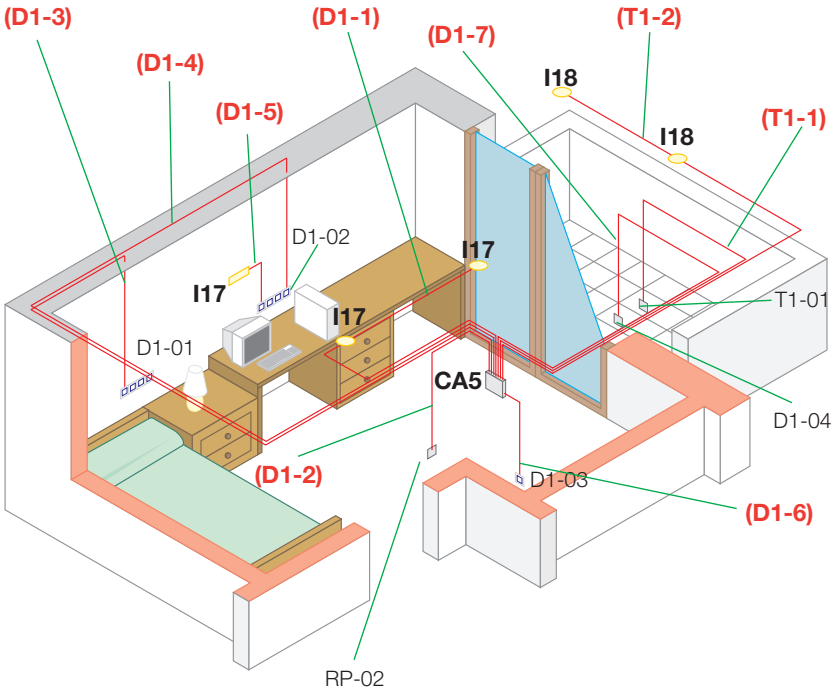


Fig. L6.3-110: *perspectiva de situación de las cargas en el dormitorio de una cama.*

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos D1-03 (D1-6)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos DM-03 de dos elementos, dos bases toma corriente.

Conducciones entre la caja CA4 y la caja de mecanismos D1-04 (D1-7)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, la fase, el retorno de la fase puente (F10), los puentes (F8-F4) y (F9-F7), los puentes (F2-F4) y (F3-F5), de la línea C_6 de 1,5.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos D1-04 de tres elementos, dos conmutadores y una bases toma corriente:

□ Conmutador para el alumbrado general.

□ Conmutador para el alumbrado de la terraza T2.

□ Bases para las tomas de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos T1-01 (T1-1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con seis conductores, los puentes (F4-F2) y (F5-F3), el retorno de la fase puente (F6) de la línea C_6 de 1,5 la fase, el neutro y el de protección de la línea C_7 de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos T2-01 de tres elementos, un conmutador y dos bases toma corriente:

□ Conmutador para el alumbrado de la terraza T1.

□ Bases para las tomas de corriente de la línea C_7.

Conducciones entre la caja CA5 y el punto luz de la terraza T1; I18 (T1-2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6), el neutro y el conductor de protección de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

Conducciones en el baño

Al utilizar conductores con el mismo aislamiento 700 V, nos permite situarlos en una misma conducción desde la caja de distribución CA5:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114, página F/241 del 1.er Volumen).

■ Los circuitos de alumbrado y tomas de corriente coincidentes en una misma caja, permite que: el conductor de protección pueda ser uno, con la mayor de las secciones correspondiente a los circuitos coincidentes (2,5 mm^2); pero debemos mantener la diferencia con el conductor de potencialidad.

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos RP-02 (B1)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores, la fase del transformador de separación T1, conductor de equipotencialidad CA5-00, puentes (F2-F4) y (F3-F5), de la línea C_6, de 1,5 mm^2.

■ Caja de mecanismo RP-02 (ya descrita).

Conducciones entre la caja CA5 y el punto luz general del baño I16 (B2)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores, el retorno de la fase puente (F6) y el neutro del transformador T1, de la caja CA5, y el de equipotencialidad del borne CA5-00, de 1,5 mm^2.

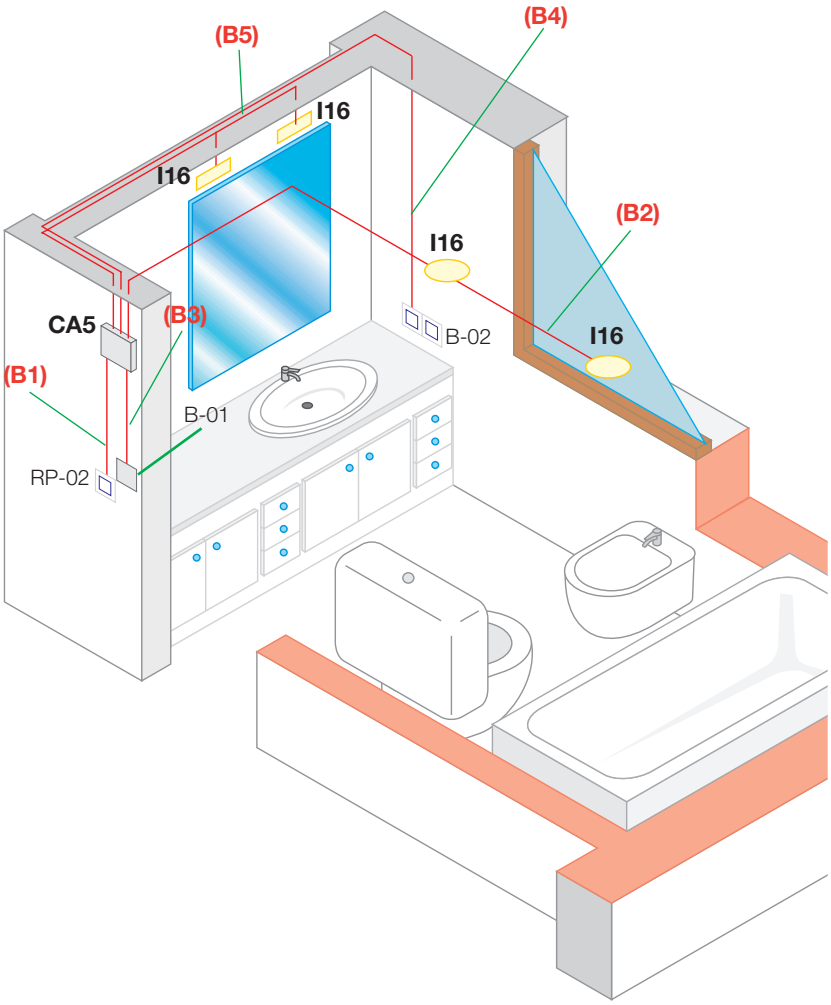


Fig. L6.3-111: *perspectiva de situación de las cargas en el baño.*

Esquema de la caja CA5

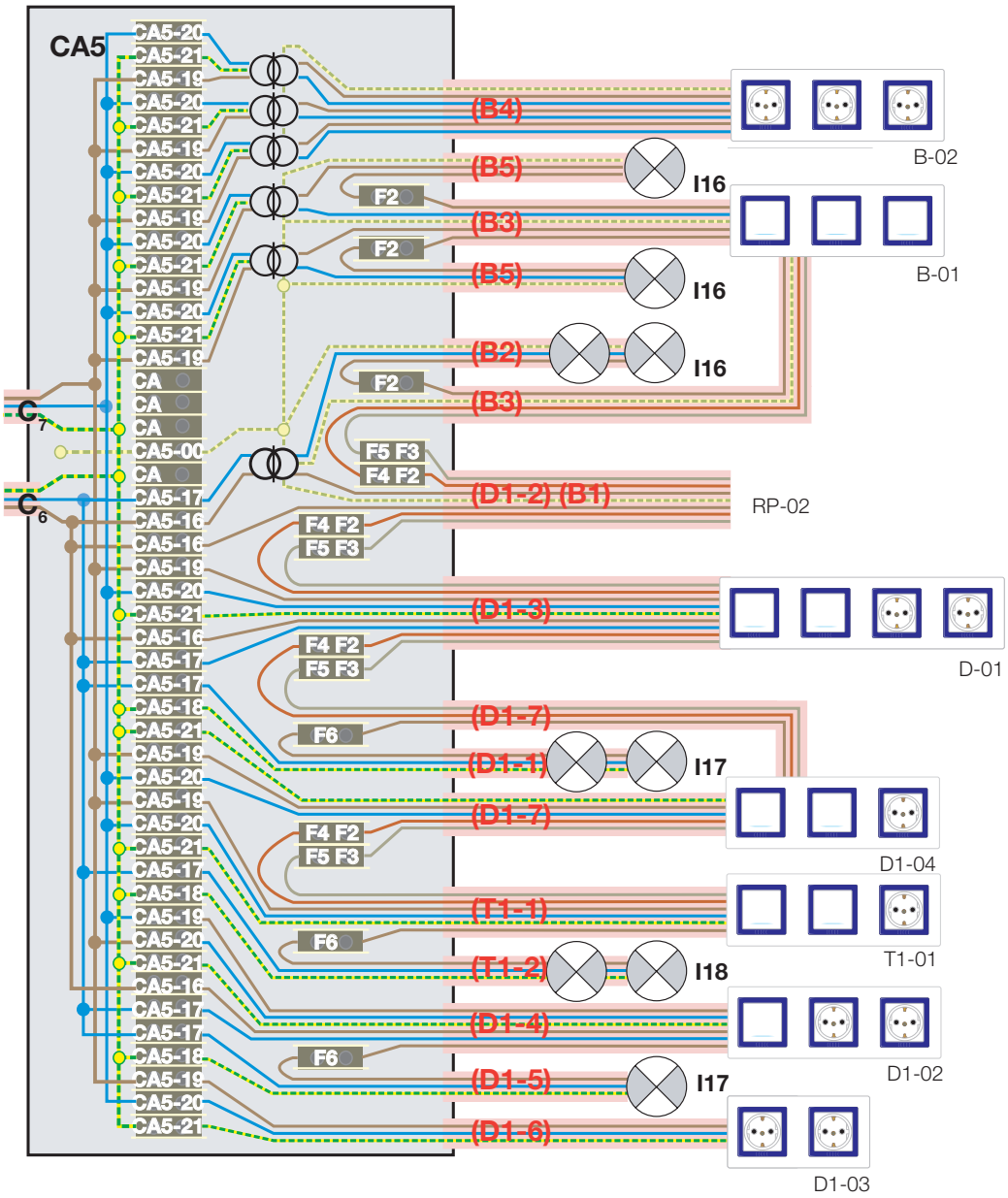


Fig. L6.3-112: *circuitos y bornes de la caja CA5.*

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos B-01 (B3)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con siete conductores, el retorno de la fase puente (F6) del transformador T1, los puentes (F4-F2) y (F5-F3), el conductor de equipotencialidad del borne CA5-00, la fase del transformador T2 y el retorno de la fase puente (F2), la fase del transformador T3 y el retorno de la fase puente (F2) de la línea C_6 de 1,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos B-01 de tres elementos:

□ Conmutador para el alumbrado general.

□ Interruptor para el alumbrado del lavabo del baño.

□ Interruptor para el alumbrado del lavabo del baño.

Conducciones entre la caja CA5 y la caja de mecanismos B-02 (B4)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 25 mm con siete conductores, la fase y neutro del secundario de los transformadores de aislamiento T4, T5, T6 y el conductor de equipotencialidad, de 2,5 mm^2.

■ Caja de mecanismos B-02 de tres elementos, tres bases de toma de corriente.

Conducciones entre la caja CA5 y la base de los punto luz de alumbrado del lavabo I16 (B5)

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cinco conductores, el conductor de equipotencialidad borne CA5-00 y el retorno de la fase del transformador T2 puente (F2), y el retorno de la fase del transformador T3 puente (F2) del neutro del transformador T2 y el del T3 de 1,5 mm^2.

Acondicionamiento

ITC-BT-46 "Instalación de receptores. Cables y folios radiantes en viviendas."

Líneas C8 de calefacción y líneas C9 de refrigeración

En el capítulo J, apartado 21.6. "La climatización", página J/983 del 3.er Volumen, encontramos la descripción del acondicionamiento, en función de la climatología del territorio español.

En el caso que nos ocupa hemos considerado que la ubicación de la vivienda corresponde al segundo grupo.

Elementos complementarios para un buen acondicionamiento y un coste reducido

En el apartado 5.1. "El control de la energía en viviendas unifamiliares apareadas", enunciado "Cargas a instalar en la vivienda y posibilidad de discriminación", página K/356 del 4.° Volumen, encontramos otra variante dentro de la posibilidad del control de la energía para la reducción de costes del mismo ejemplo de casa unifamiliar y apareada, con la calefacción eléctrica con convectores individuales de acumulación y la refrigeración por bomba de calor. En este ejemplo hemos optado por una solución con gran capacidad de acumulación y una ayuda con energía fotovoltaica:

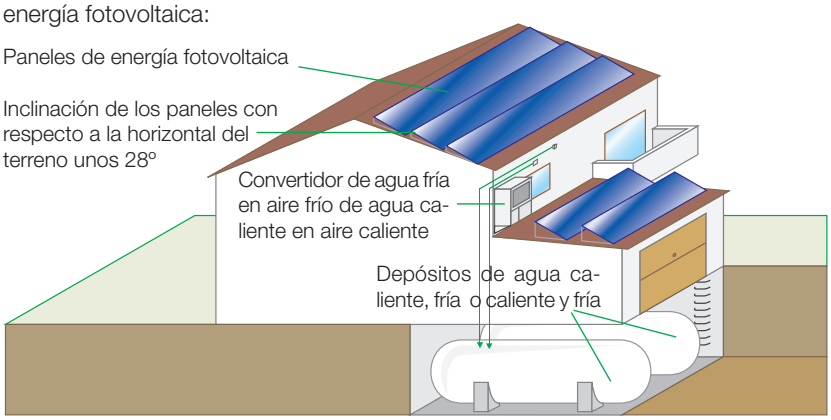


Fig. L6.3-113: *elementos complementarios para un buen acondicionamiento y un coste reducido.*

■ Energía fotovoltaica: se ha previsto la instalación de unas placas fotovoltaicas con una potencia útil de 5.300 W, permite el funcionamiento de una bomba de calor que genera frigorías y calorías para su almacenamiento en los depósitos de acumulación.

■ Acumulación: dos depósitos de agua de 10 m^3 cada uno en circuito cerrado para el almacenamiento de calorías y frigorías, según las condiciones climatológicas.

■ Energía eléctrica: en la vivienda se dispone de tarifa nocturna, la cual utilizaremos al máximo para la acumulación de frigorías y calorías al precio de tarifa nocturna.

■ Bombas de calor: se han previsto dos bombas de calor de 2,6 kW cada una con una discriminación, durante las ocho horas de tarifa nocturna funcionan las dos en el momento en que las solicitaciones de acumulación de calorías y frigorías lo solicitan y durante el día solamente funciona una de ellas al requerimiento de los condicionantes térmicos.

Circuito cerrado del agua para el acondicionamiento

El funcionamiento del circuito lo hemos descrito para los diferentes períodos en el capítulo J, apartado 21.6. “La climatización”, página J/983 del 3.er Volumen.

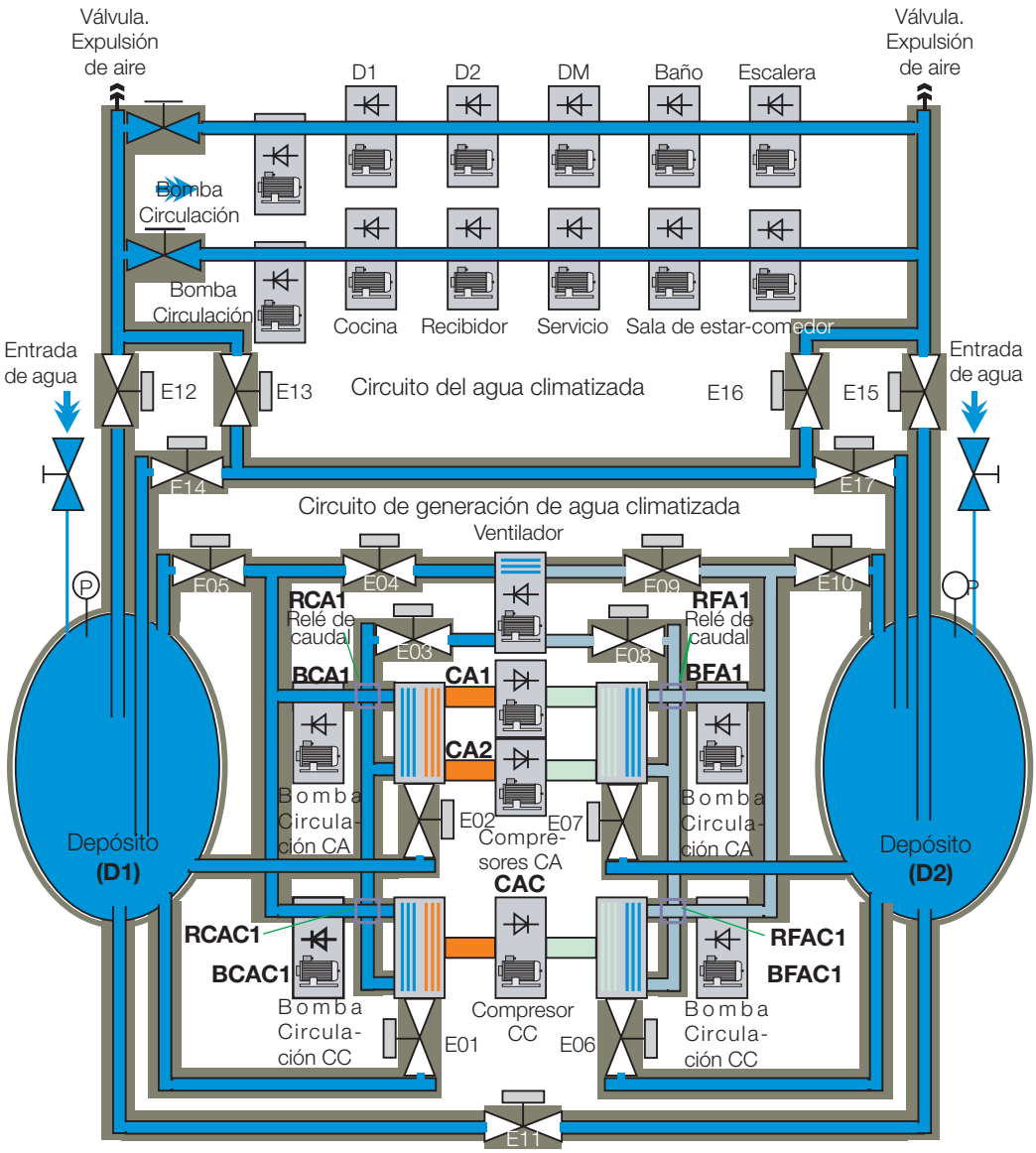
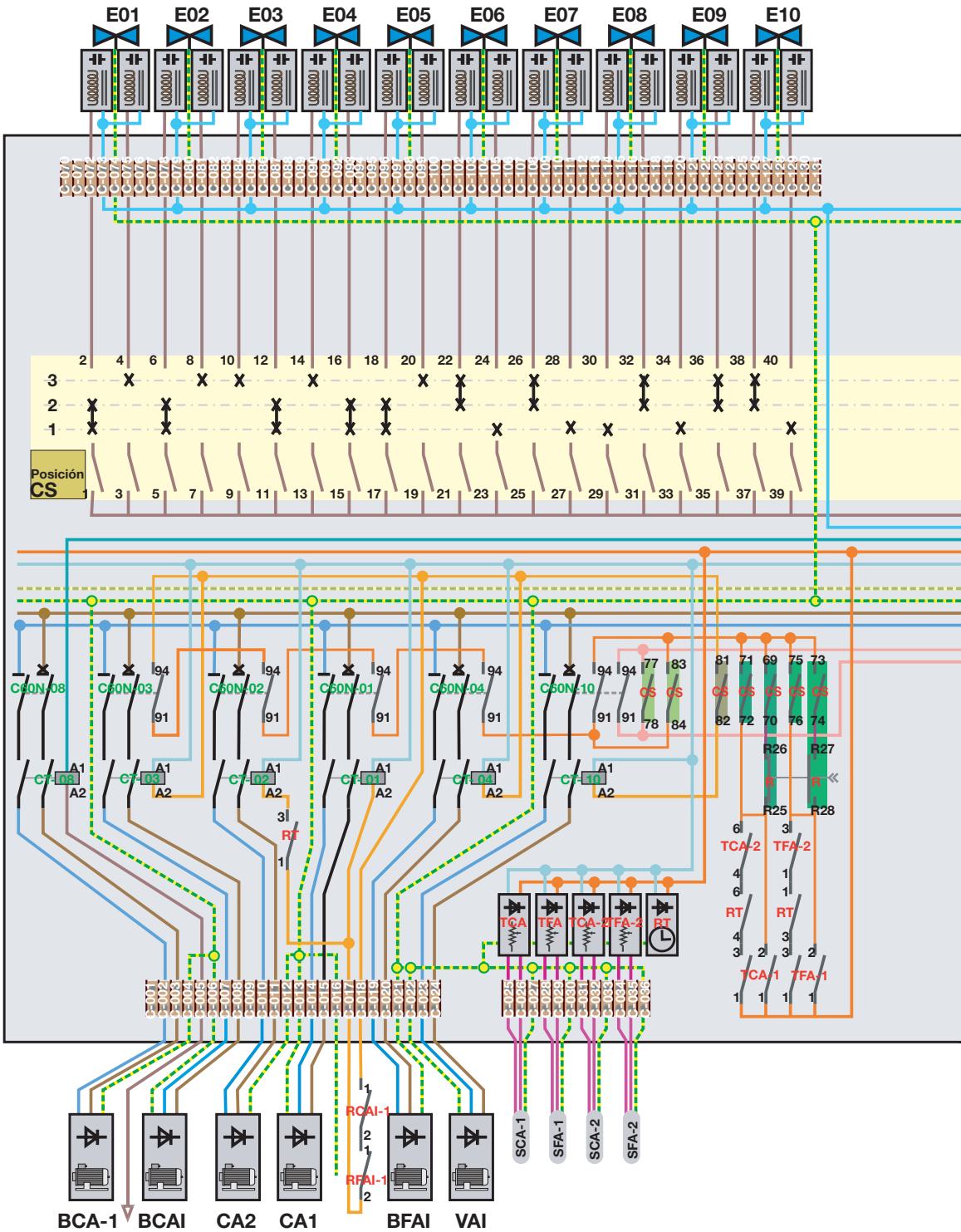


Fig. L6.3-114: *circuito de generación de agua caliente y/o fría.*

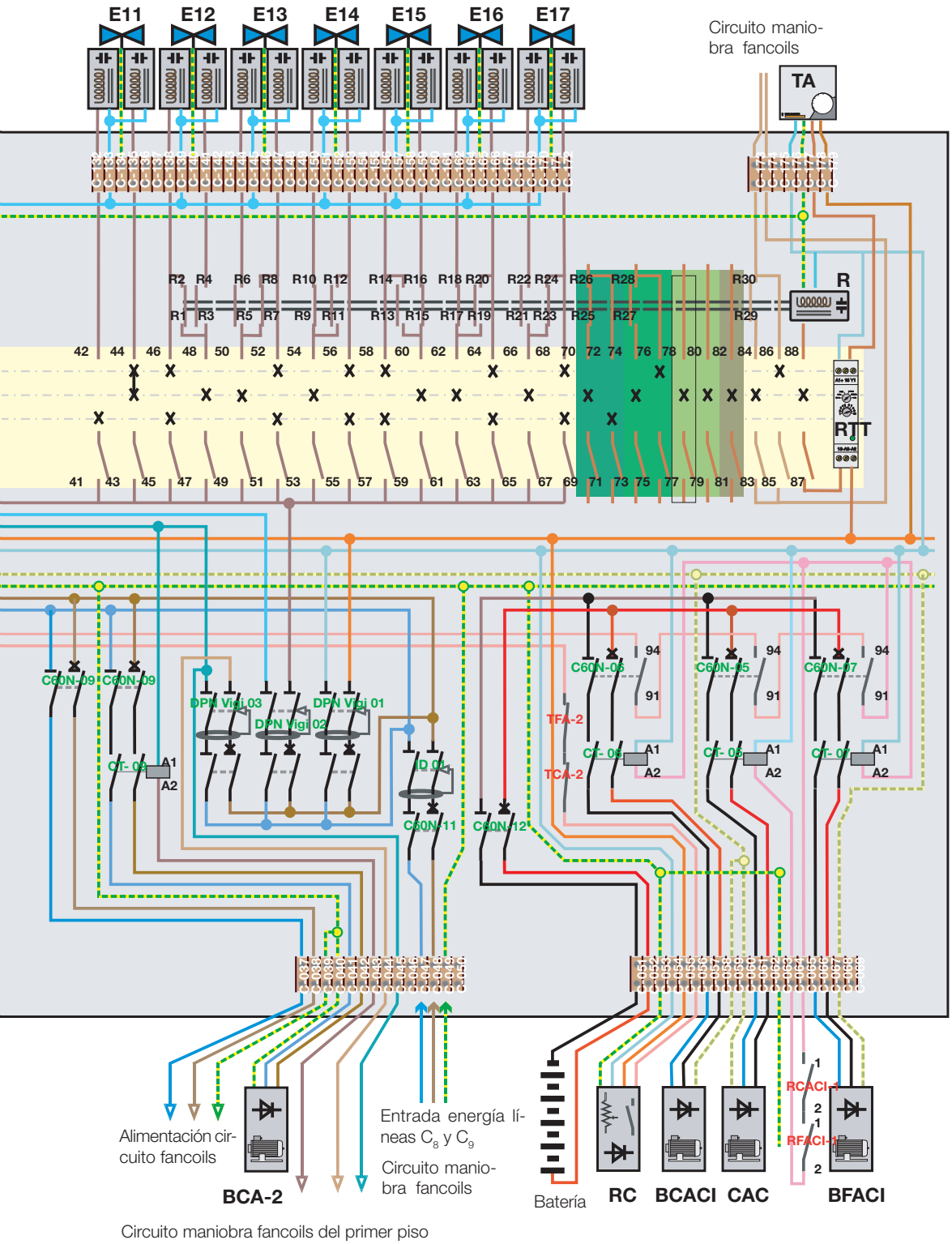
Leyenda

D1:	Depósito de acumulación n.º 1.
D2:	Depósito de acumulación n.º 2.
CA1:	Compresor n.º 1 a corriente alterna.

Esquema cuadro general para el acondicionamiento CGA



Circuito maniobra fancoils de la planta baja



Circuito maniobra fancoils del primer piso

Fig. L6.3-115: *esquema cuadro general para el acondicionamiento CGA.*

CA2: Compresor n.º 2 a corriente alterna.
BCAI: Bomba de circulación de agua caliente desde el intercambiador del compresor hasta el depósito de acumulación.
BFAI: Bomba de circulación de agua fría desde el intercambiador del compresor hasta el depósito de acumulación.
CAC: Compresor a corriente continua.
BCACI: Bomba de circulación de agua caliente desde el intercambiador del compresor hasta el depósito de acumulación.
BFACI: Bomba de circulación de agua fría desde el intercambiador del compresor hasta el depósito de acumulación.
BCA-1: Bomba de circulación de agua en el circuito de fancoils de la planta baja.
BCA-2: Bomba de circulación de agua en el circuito de fancoils del piso.
RCAI: Relé de determinación de caudal en el circuito de la bomba BCAI, activa el contacto RCAI-1.
RFAI: Relé de determinación de caudal en el circuito de la bomba BFAI, activa el contacto RFAI-1.
RCACI: Relé de determinación de caudal en el circuito de la bomba BCACI, activa el contacto RCACI-1.
RFACI: Relé de determinación de caudal en el circuito de la bomba BFACI, activa el contacto RFACI-1.
VAI: Intercambiador de calorías o frigorías del agua al aire ambiente.
TCA: Termostato para controlar la temperatura del agua del depósito D1.
TCA-1: Contacto abierto del termostato TCA.
SCA-1: Sonda situada en el depósito D1 y que manda su señal al termostato TCA, para cerrar el contacto SCA-1.
TFA: Termostato para controlar la temperatura del agua del depósito D2.
TFA-1: Contacto abierto del termostato TFA.
SFA-1: Sonda situada en el depósito D2 y que manda su señal al termostato TFA, para cerrar el contacto SFA-1.
TCA-2: Termostato para controlar la temperatura máxima del agua del depósito D1.
TCA-2: Contacto cerrado del termostato TCA-2.
STCA-2: Sonda situada en el depósito D1 y que manda su señal al termostato TCA-2, para abrir el contacto STCA-2.
TFA-2: Termostato para controlar la temperatura mínima del agua del depósito D2.
TFA-2: Contacto cerrado del termostato TFA-2.
STFA-1: Sonda situada en el depósito D2 y que manda su señal al termostato TFA-2, para cerrar el contacto STFA-2.
RC: Detector del nivel de carga suficiente de la batería para activar el compresor a corriente continua, cerrando el contacto RC.
RT: Interruptor horario para determinar el período de tarifa nocturna.
CS: Interruptor de tres posiciones para determinar el período de trabajo.
R: Relé para determinar en el segundo período cuando se necesita calor o refrigeración, actúa bajo el control del termostato exterior RT.
TA: Termostato de temperatura ambiente exterior.
RTT: Relé retardador de señal del termostato RT.
E01 a E017: Electroválvulas para determinar el circuito del agua para cada período.
C60N-01: Interruptor magnetotérmico para compresor CA-1, curva C, 16 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-02: Interruptor magnetotérmico para compresor CA-2, curva C, 16 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-03: Interruptor magnetotérmico para la bomba de circulación de agua caliente BCAI, curva C, 6 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-04: Interruptor magnetotérmico para la bomba de circulación de agua fría BFAI, curva C, 6 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-05: Interruptor magnetotérmico para compresor CAC, curva C, 25 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-06: Interruptor magnetotérmico para la bomba de circulación de agua caliente BCACI, curva C, 6 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-07: Interruptor magnetotérmico para la bomba de circulación de agua fría BFACI, curva C, 6 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-08: Interruptor magnetotérmico para la bomba de circulación de agua a los fancoils de la planta baja BCA-1, curva C, 6 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-09: Interruptor magnetotérmico para la bomba de circulación de agua a los fancoils del piso BCA-2, curva C, 6 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-10: Interruptor magnetotérmico para el ventilador del intercambiador de calorías o frigorías al ambiente VAI, curva C, 10 A, bipolar, contacto auxiliar OF.

C60N-11: Interruptor magnetotérmico a la entrada general de la línea C_8 y C_9, curva C, 50 A, bipolar.

C60N-12: Interruptor magnetotérmico a la entrada general de la línea de corriente continua, correspondiente a los paneles de energía fotovoltaica, curva C, 32 A, bipolar.

C60N-13: Interruptor magnetotérmico para la línea de alimentación cuadro de distribución del acondicionamiento CDA-1 curva C, 20 A, bipolar.

DPN Vigi 01: Interruptor magnetotérmico y a corriente diferencial residual para la maniobra de las cargas de generación del acondicionamiento, curva C, 6 A, bipolar.

DPN Vigi 02: Interruptor magnetotérmico y a corriente diferencial residual para la maniobra de las electroválvulas del circuito de agua del acondicionamiento, curva C, 20 A, bipolar.

DPN Vigi 03: Interruptor magnetotérmico y a corriente diferencial residual para la maniobra del circuito de fancoils (planta y piso), curva C, 6 A, bipolar.

ID 01: Interruptor a corriente diferencial residual, Clase A superinmunizado de 30 mA, intensidad nominal 63 A bipolar.

CT-01: Contactor para compresor CA-1, 16 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-02: Contactor para compresor CA-2, 16 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-03: Contactor para la bomba de circulación de agua caliente BCAI, 16 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-04: Contactor para la bomba de circulación de agua fría BFAI, 16 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-05: Contactor para compresor CAC, 40 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-06: Contactor para la bomba de circulación de agua caliente BCACI, 16 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-07: Contactor para la bomba de circulación de agua fría BFACI, 16 A, bipolar, a 230 V CA.

CT-08: Contactor para la bomba de circulación de agua a los fancoils de la planta baja BCA-1,16 A, bipolar, a 230 V CA.

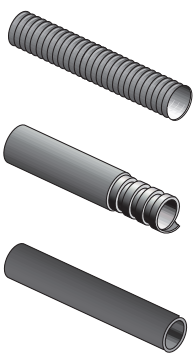
CT-09: Contactor para la bomba de circulación de agua a los fancoils del piso BCA-2 16 A, bipolar, a 230 V CA.

Las conducciones fijas del acondicionamiento

Se alimenta de las líneas C8 para la calefacción y C9 para la refrigeración.
Los dos circuitos tienen un máximo de potencia permitida de 5.750 W cada uno (2 · 5.750 W = 11.500 W).

Conductores

■ Para conducciones empotradas:
□ El conductor debe ser apto para la instalación en conducto empotrado (tipo de instalación A1 según la tabla F7-097 (52-B1), página F/226 del 1.er Volumen).
□ La intensidad capaz de soportar, según la tabla F7-132, página 257 del 1.er Volumen columna C1 o C2 (dos conductores cargados).
□ Tipo de conductor, según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen.
■ Para conducciones en tubos vista:
□ El conductor debe ser apto para la instalación en conducto al aire adosado a pared (tipo de instalación B según la tabla F7-097 (52-B1), página F/226 del 1.er Volumen).
□ La intensidad capaz de soportar, según la tabla F7-131, página 255 del 1.er Volumen columna C1 o C2 (dos conductores cargados).
□ Tipo de conductor, según tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen.



Conducciones:

■ Para una instalación empotrada en muros de ladrillos las características del tubo corresponden a la Tabla F7-114 y los diámetros Tabla F7-114, página F/241 del 1.er volumen).
■ Para una instalación vista con tubos sobre en muros las características del tubo corresponden a la Tabla F7-104 y los diámetros a la Tabla F7-111, página F/240 del 1.er volumen).
■ Para instalaciones cortas vistas al aire las características del tubo corresponden a la Tabla F7-121 y los diámetros a la Tabla F7-122, página F/247 del 1.er Volumen).

Conducción empotrada, situada desde el cuadro general de distribución CGD hasta el cuadro general de acondicionamiento CGA (A-01)

■ Para una intensidad mínima 46 A, le corresponde una sección de 10 mm^2 (según la tabla F7-131, página 255 del 1.er Volumen columna C2).
■ Tipo de conductor H 07 X F 10 (según la tabla F7-091, página F/218 del 1.er Volumen).
■ Para tres conductores de 10 mm^2 le corresponde un tubo de 25 mm de diámetro.

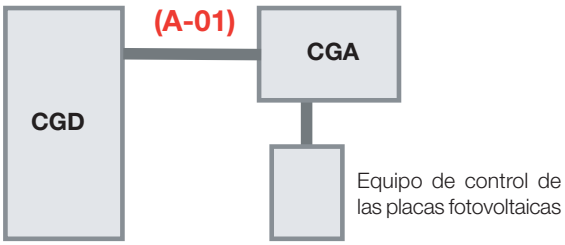


Fig. L6.3-116: *conducción entre el cuadro general de distribución y el cuadro general de acondicionamiento.*

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-01 (A-02)

■ Conducción para alimentar el compresor CA1 y CA2, la bomba BCAI, BFAI y BCA-1.

■ Dos fases y dos neutros y un conductor de protección de 2,5 mm², tubo de 20 mm.
■ Tres fases y tres neutros de 1,5 mm², tubo de 20 mm.

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-02 (A-03)

■ Conducción para alimentar el compresor CAC, la bomba BCACI, BFACI y BCA-2.
■ Conductor positivo, negativo y de equipotencialidad de 4 mm², tubo de 20 mm.
■ Tres fases, tres neutros y un conductor de protección de 1,5 mm², tubo de 20 mm.

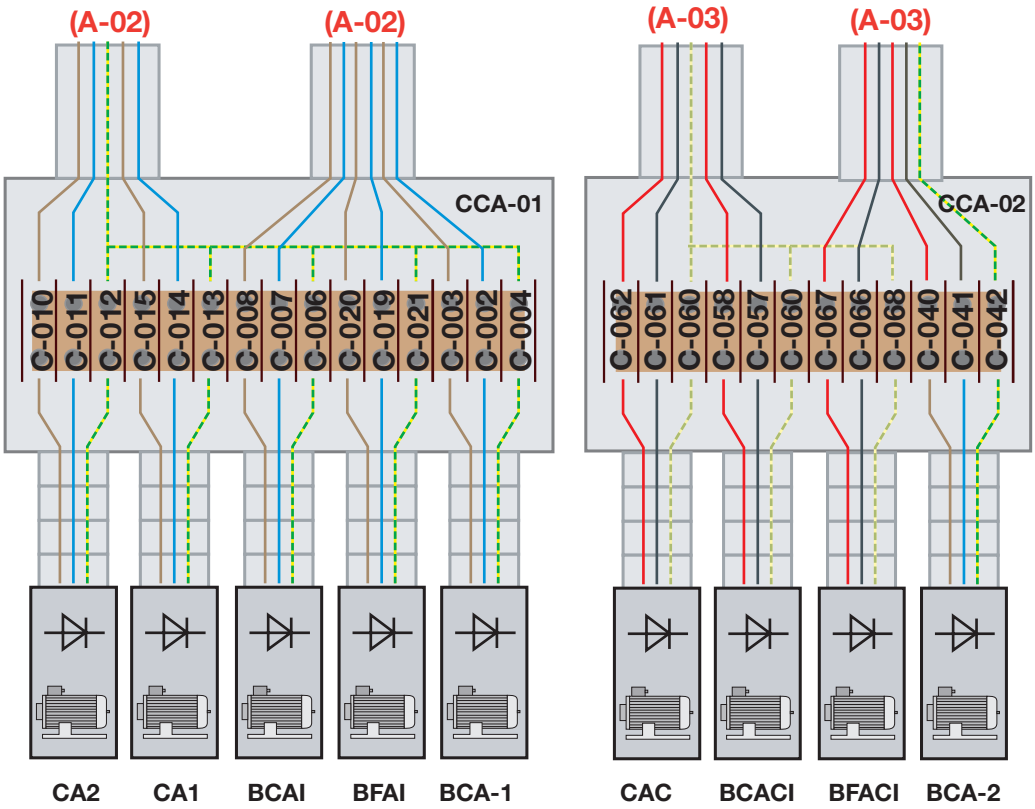


Fig. L6.3-117: *conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-01 y CCA-02.*

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-03 (A-04)

■ Conducción para alimentar el ventilador VAI.
■ Una fase, un neutro y un conductor de protección de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

Conducción vista del cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-04 (A-05)

■ Conducción para alimentar las electroválvulas E02, E03, E04 y E05.
■ Ocho conductores de fase, un neutro y un conductor de protección de 1,5 mm², tubo de 25 mm.

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-05 (A-06)

■ Conducto para alimentar las electroválvulas E07, E08, E09 y E10.
■ Ocho conductores de fase, un neutro y un conductor de protección de 1,5 mm², tubo de 25 mm.

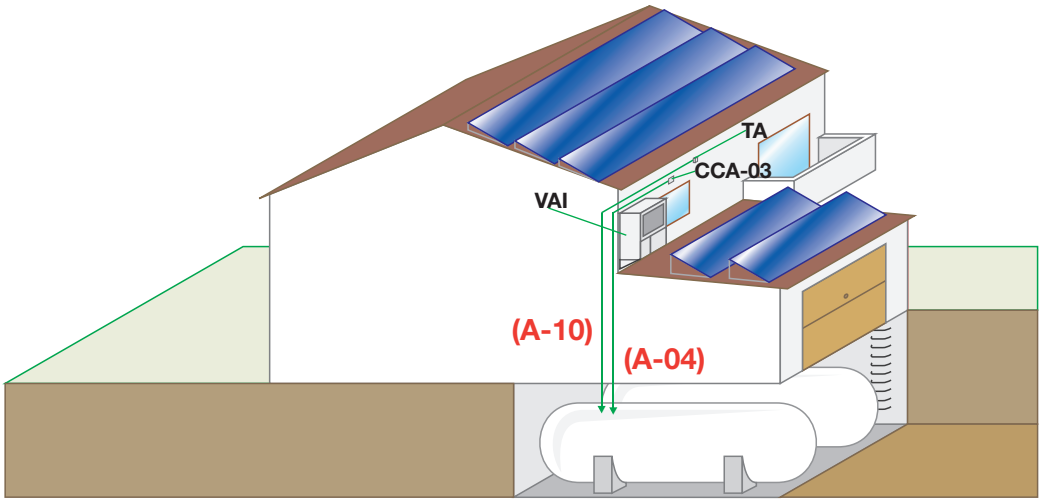


Fig. L6.3-118: *alimentación del equipo VAI y el termostato TA.*

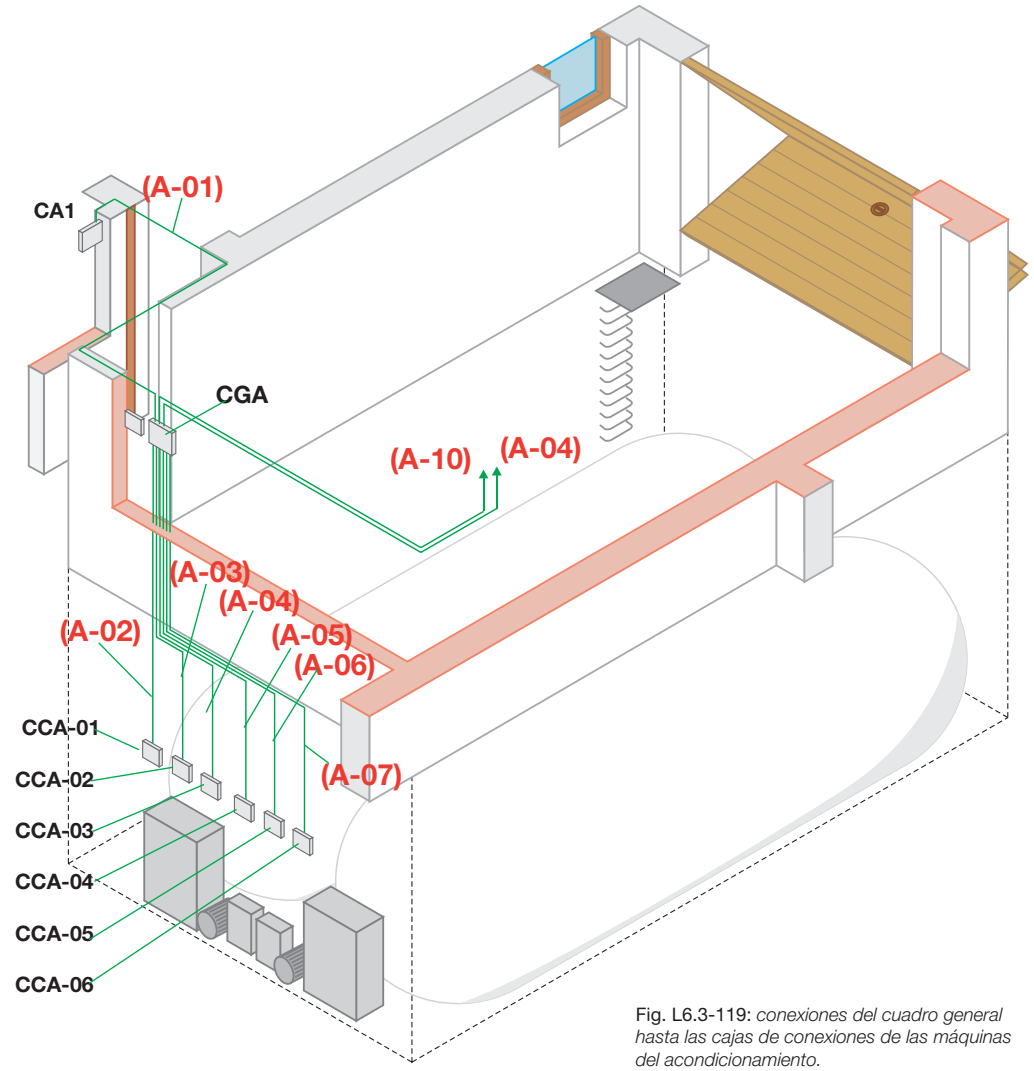


Fig. L6.3-119: *conexiones del cuadro general hasta las cajas de conexiones de las máquinas del acondicionamiento.*

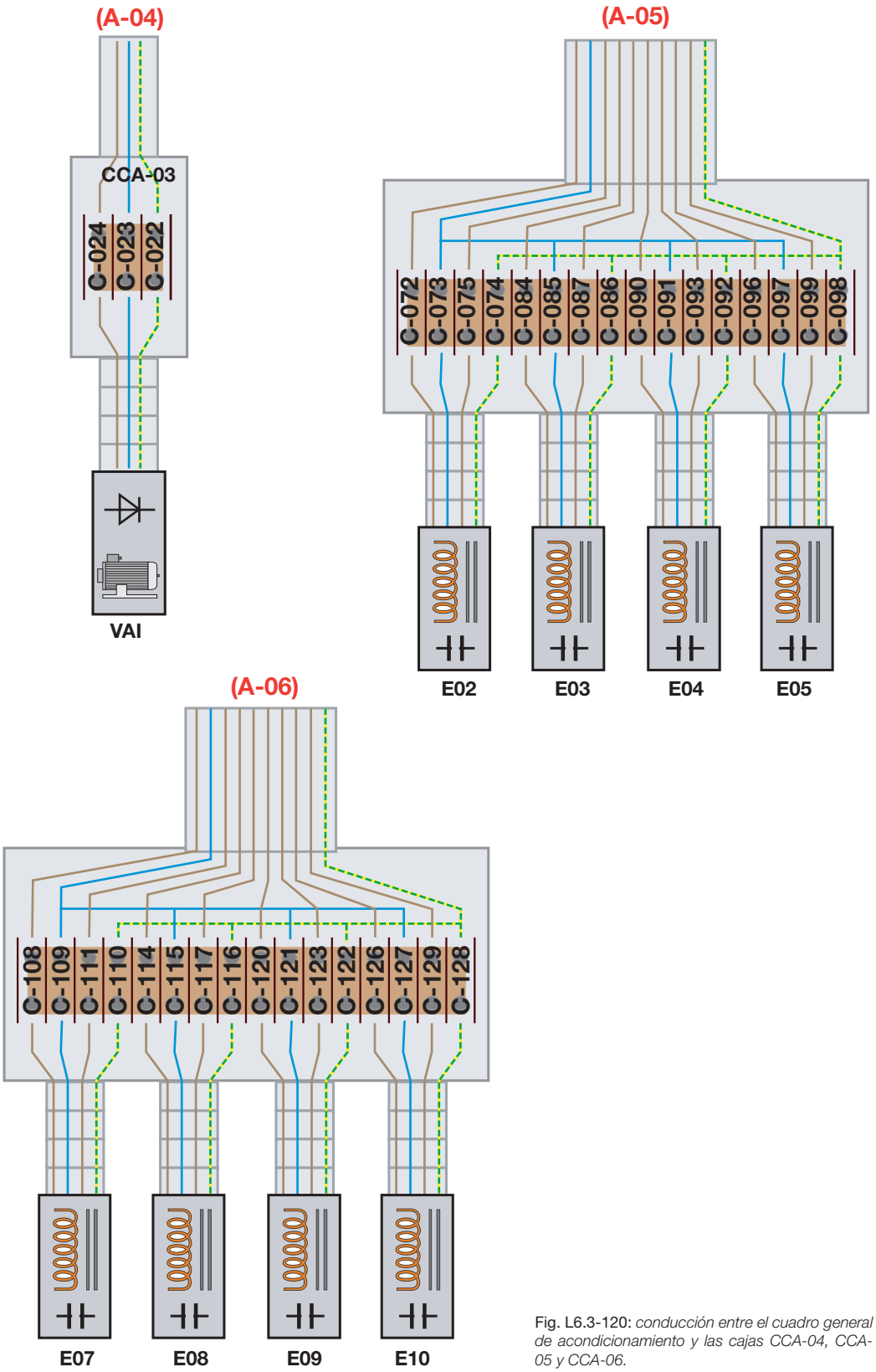


Fig. L6.3-120: *conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-04, CCA-05 y CCA-06.*

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-06 (A-07)

■ Conducto para alimentar las electroválvulas E01, E06 y E11.

■ Seis conductores de fase, un neutro y un conductor de protección de 1,5 mm^2, tubo de 20 mm.

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-07 (A-08)

■ Conducto para alimentar las electroválvulas E12, E13 y E14.

■ Seis conductores de fase, un neutro y un conductor de protección de 1,5 mm^2, tubo de 20 mm.

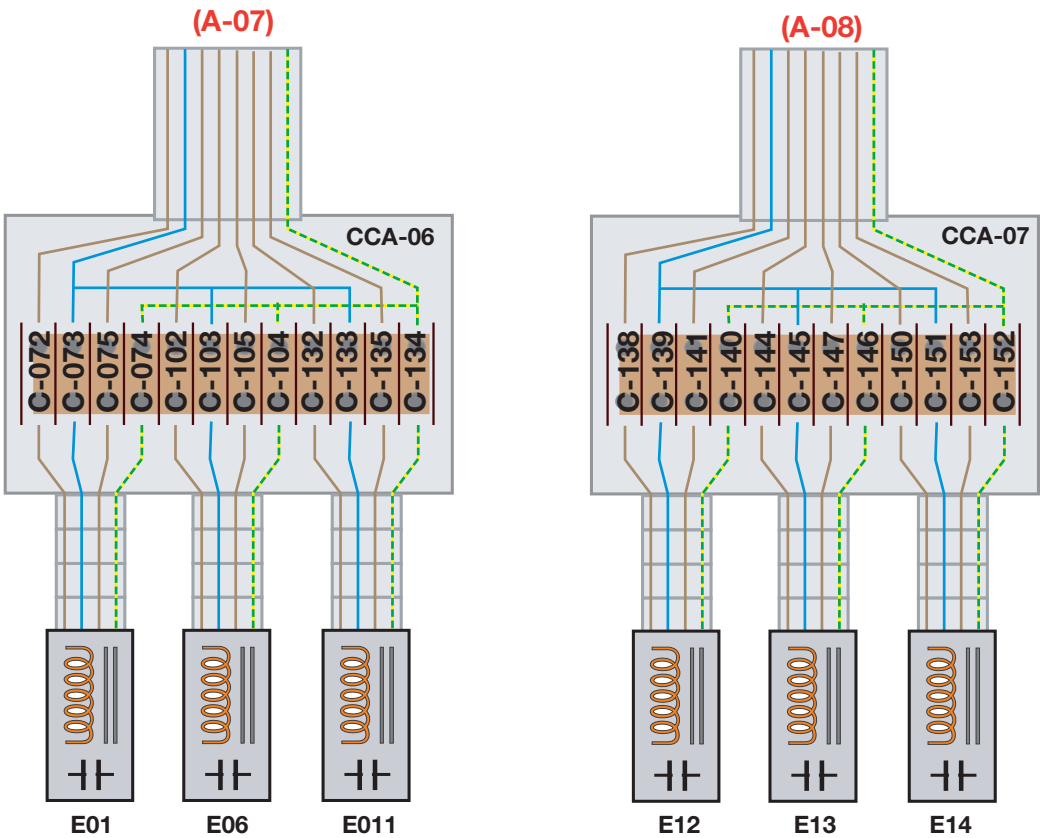


Fig. L6.3-121: *conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-06 y CCA-07.*

Conducción vista desde el cuadro general de acondicionamiento hasta la caja CCA-08 (A-09)

■ Conducto para alimentar las electroválvulas E15, E16 y E17.

■ Seis conductores de fase, un neutro y un conductor de protección de 1,5 mm^2, tubo de 20 mm.

Las conducciones a cada máquina y electroválvula se realizará de conformidad a las condiciones de las instalaciones con conductos aéreos cortos, para alimentación de máquinas, según las características del tubo correspondientes a la Tabla F7-121 y los diámetros a la Tabla F7-122, página F/247 del 1.^{er} Volumen.

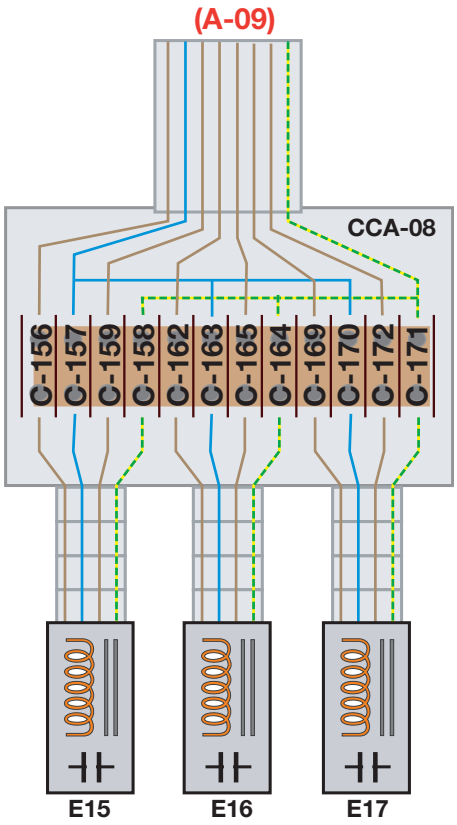


Fig. L6.3-122: *conducción entre el cuadro general de acondicionamiento y las cajas CCA-08.*

Conducción empotrada desde el cuadro general de acondicionamiento hasta el termostato TA (A-10)

■ Conducto en tubo empotrado desde el cuadro general de acondicionamiento hasta el termostato de ambiente exterior TA.

■ Cuatro conductores, la fase el retorno de la fase, el neutro y el conductor de protección de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro general de acondicionamiento hasta el cuadro de distribución del acondicionamiento de la planta baja CDA-1 (A-11)

■ Conducto en tubo empotrado desde el cuadro general de acondicionamiento hasta el cuadro de distribución y control del acondicionamiento de la planta baja CDA-1.

■ Cinco conductores de maniobra de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.

■ Tres conductores, la fase, el neutro y el conductor de protección de 2,5 mm^2 tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el fancoil de la cocina F-01 (A-12)

■ Tres conductores de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta la caja de mecanismos T-01 de la cocina (A-13)

■ Siete conductores de 1,5 mm^2, tubo de 25 mm.

■ Caja de mecanismos T-01 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el fancoil del recibidor F-02 (A-14)

■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

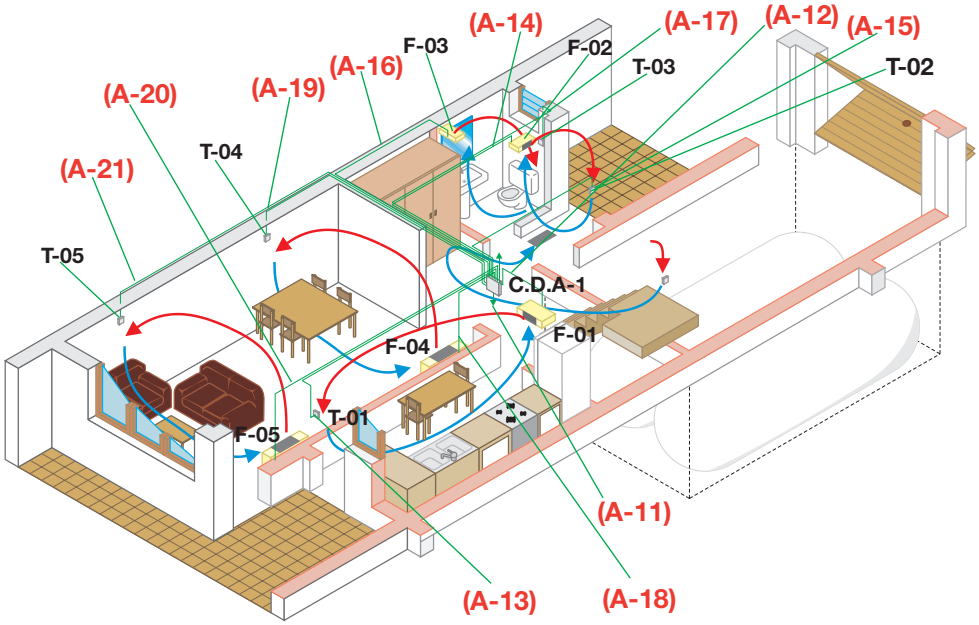


Fig. L6.3-123: *situación de fancoils termostatos y conductos del acondicionamiento de la planta baja.*

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta la caja de mecanismos T-02 de la recibidor (A-15)

■ Siete conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.

■ Caja de mecanismos T-02 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el fancoil del servicio F-03 (A-16)

■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta la caja de mecanismos T-03 del servicio (A-17)

■ Siete conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.

■ Caja de mecanismos T-01 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el fancoil de la sala de estar-comedor F-04 (A-18)

■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta la caja de mecanismos T-04 de la sala de estar-comedor (A-19)

■ Siete conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.

■ Caja de mecanismos T-04 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el fancoil de la sala de estar-comedor F-05 (A-20)

■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta la caja de mecanismos T-05 de la sala de estar-comedor (A-21)

■ Siete conductores de 1,5 mm^2, tubo de 25 mm.
■ Caja de mecanismos T-05 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el termostato TCG-1 (A-22)

■ Seis conductores de 1,5 mm^2, tubo de 25 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 hasta el termostato TFG-1 (A-23)

■ Seis conductores de 1,5 mm^2, tubo de 25 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-1 de la planta baja hasta el cuadro de distribución del acondicionamiento del piso CDA-2 (A-24)

■ Conducto en tubo empotrado desde el cuadro general de acondicionamiento hasta el cuadro de distribución y control del acondicionamiento de la planta baja CDA-1.
■ Cinco conductores de maniobra de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.
■ Tres conductores la fase el neutro y el conductor de protección de 2,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el fancoil del dormitorio D1 F-06 (A-25)

■ Tres conductores de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta la caja de mecanismos T-06 del dormitorio D1 (A-26)

■ Siete conductores de 1,5 mm^2, tubo de 25 mm.
■ Caja de mecanismos T-06 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

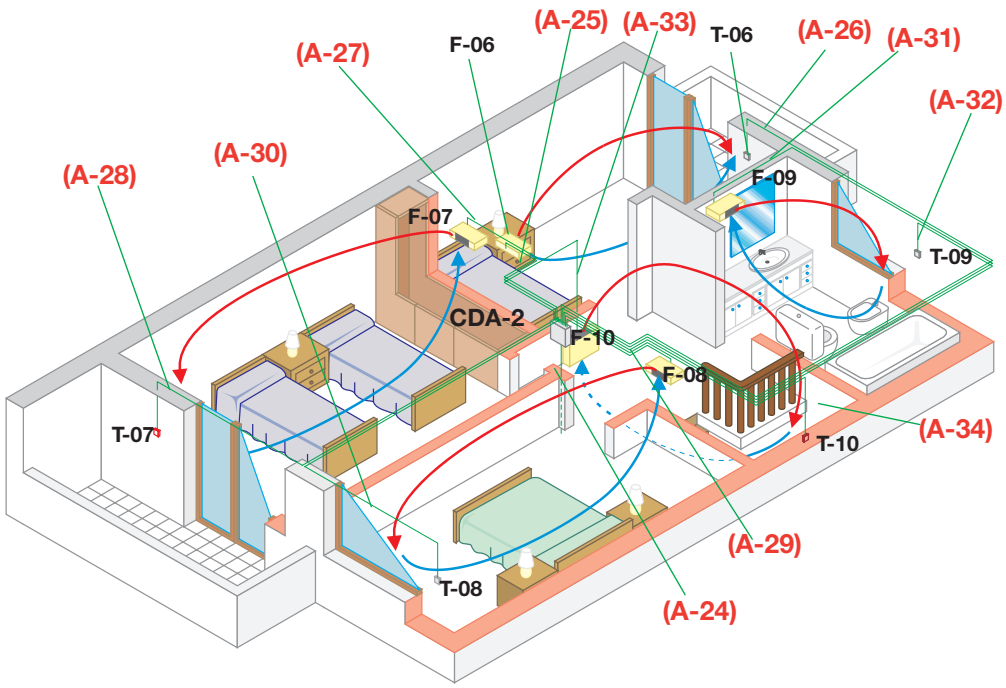


Fig. L6.3-124: *situación de fancoils termostatos y conductos del acondicionamiento de la planta baja.*

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el fancoil del dormitorio D2 F-07 (A-27)
■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta la caja de mecanismos T-07 del dormitorio D2 (A-28)
■ Siete conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.
■ Caja de mecanismos T-07 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el fancoil del dormitorio DM F-08 (A-29)
■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta la caja de mecanismos T-08 del dormitorio DM (A-30)

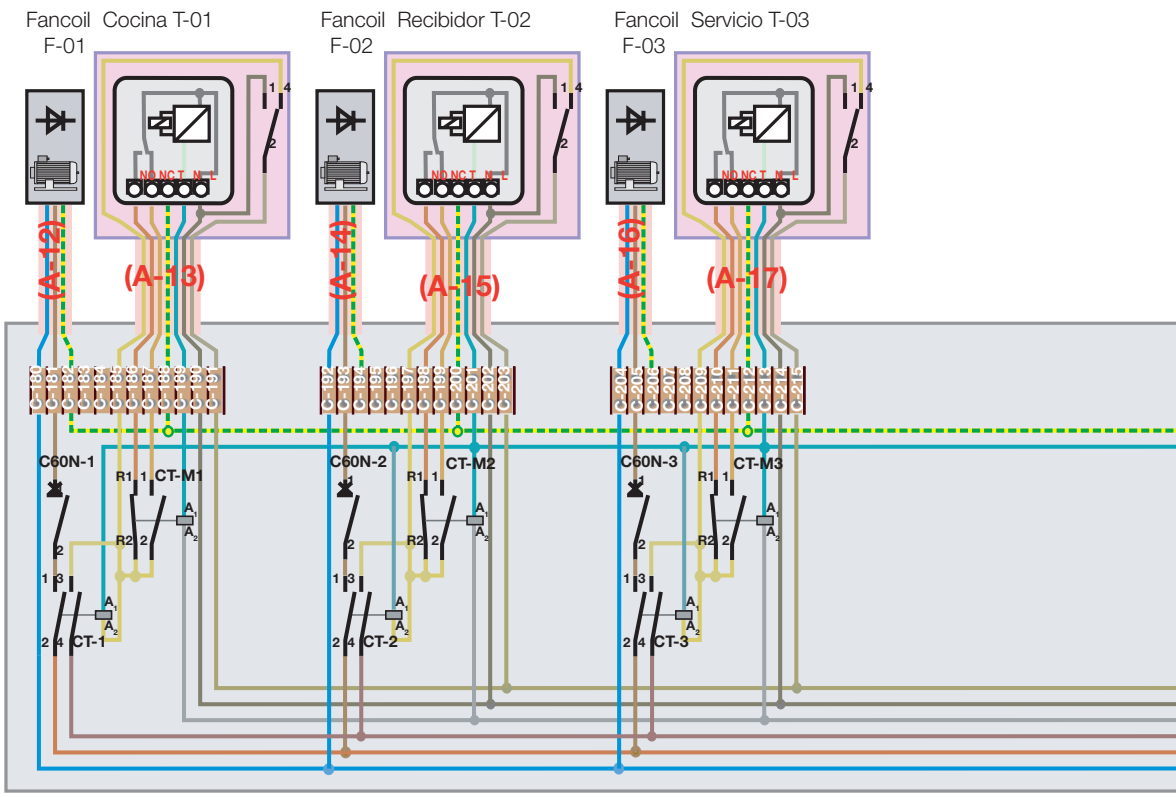


Fig. L6.3-125: *cuadro de distribución acondicionamiento de la planta baja.*

Leyenda

C60N-1 al C60N-10: Interruptor automático magnetotérmico, protección del motor del fancoil, curva C, 6 A, unipolar

CT-M1 al CT-M12: Contactor con un contacto abierto y otro de cerrado, de 16 A y 230 V de tensión de maniobra.

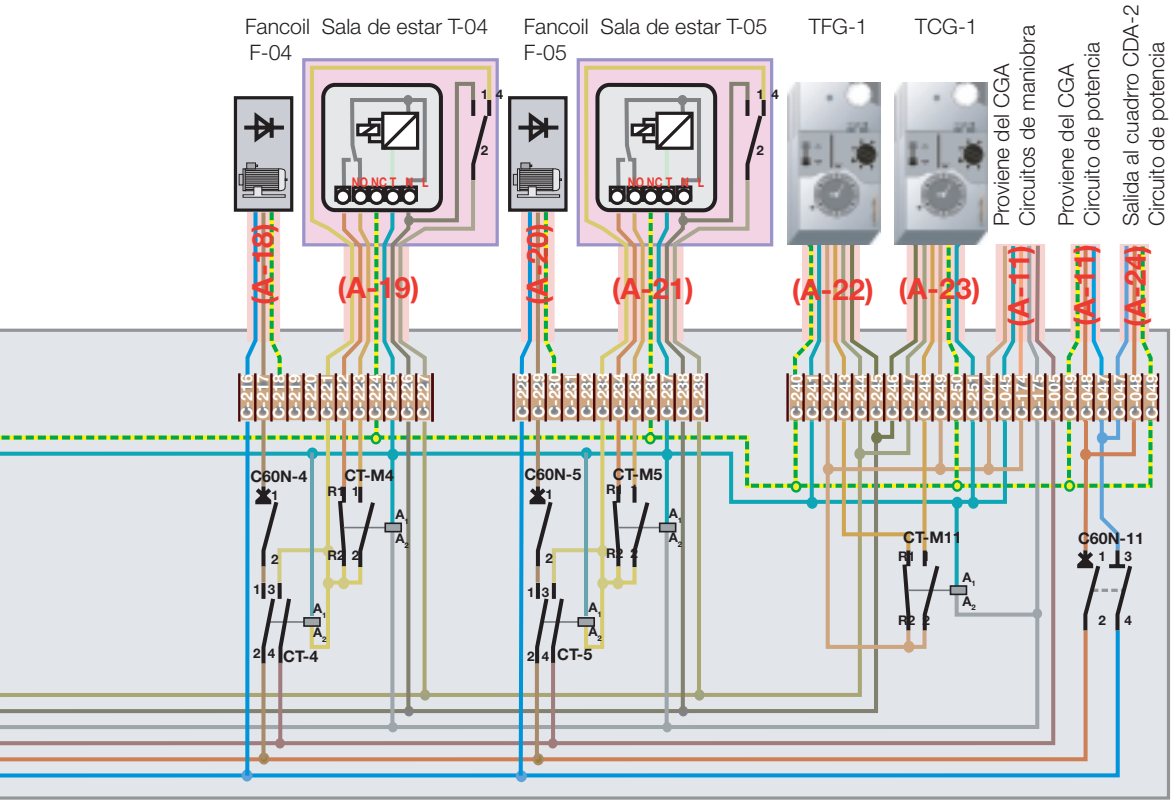
CT-01 al CT-10: Contactor con dos contactos abiertos en reposo, de 16 A y 230 V de tensión de maniobra.

T-01 al T-10: Termostatos para el control de la temperatura en las dependencias.

■ Siete conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.
■ Caja de mecanismos T-08 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el fancoil del baño F-09 (A-31)
■ Tres conductores de 1,5 mm², tubo de 16 mm.
■ Caja de mecanismos T-05 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta la caja de mecanismos T-09 del baño (A-32)
■ Siete conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.
■ Caja de mecanismos T-09 de dos elementos, un termostato y un conmutador.



TCG1: Termostato programador para el control de la temperatura mínima en el período de calefacción de la planta baja.

TFG1: Termostato programador para el control de la temperatura mínima en el período de refrigeración de la planta baja.

TCG2: Termostato programador para el control de la temperatura mínima en el período de calefacción del piso.

TFG1: Termostato programador para el control de la temperatura mínima en el período de refrigeración del piso.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el fancoil de la escalera F-10 (A-33)
■ Tres conductores de 1,5 mm^2, tubo de 16 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta la caja de mecanismos T-10 de la escalera (A-34)
■ Siete conductores de 1,5 mm^2, tubo de 25 mm.

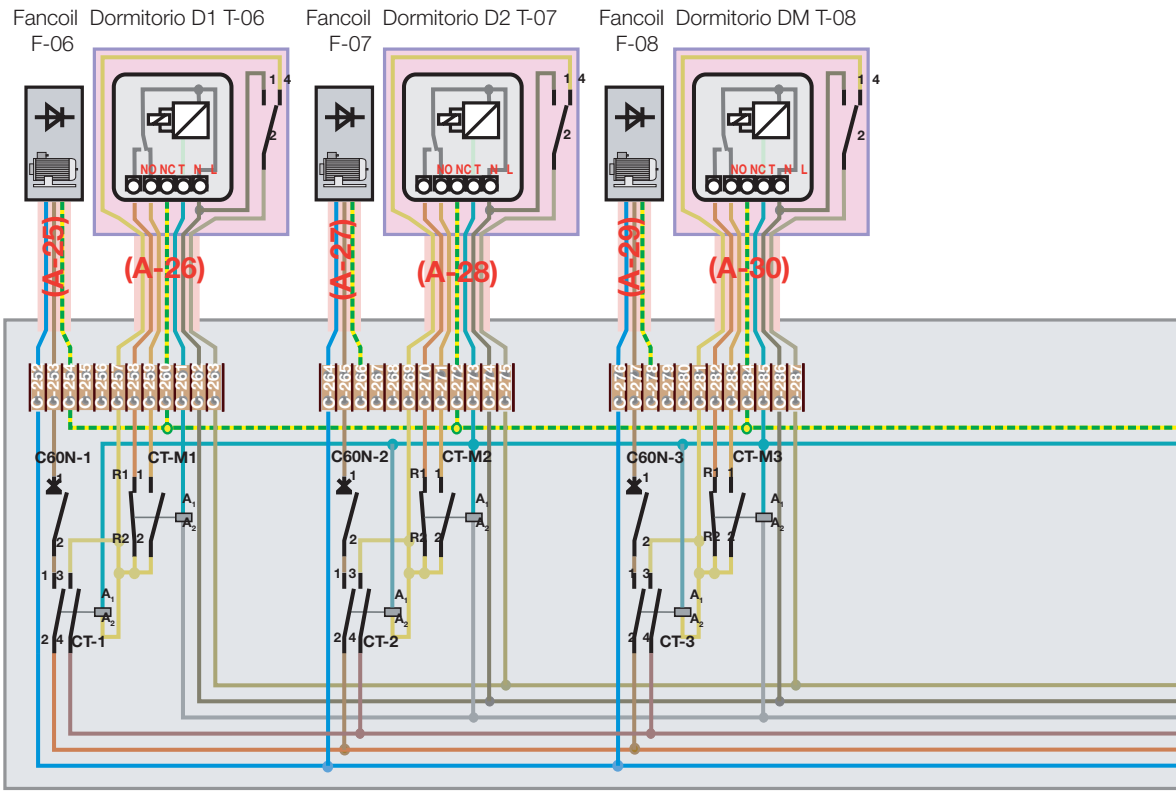


Fig. L6.3-126: *cuadro de distribución acondicionamiento del piso.*

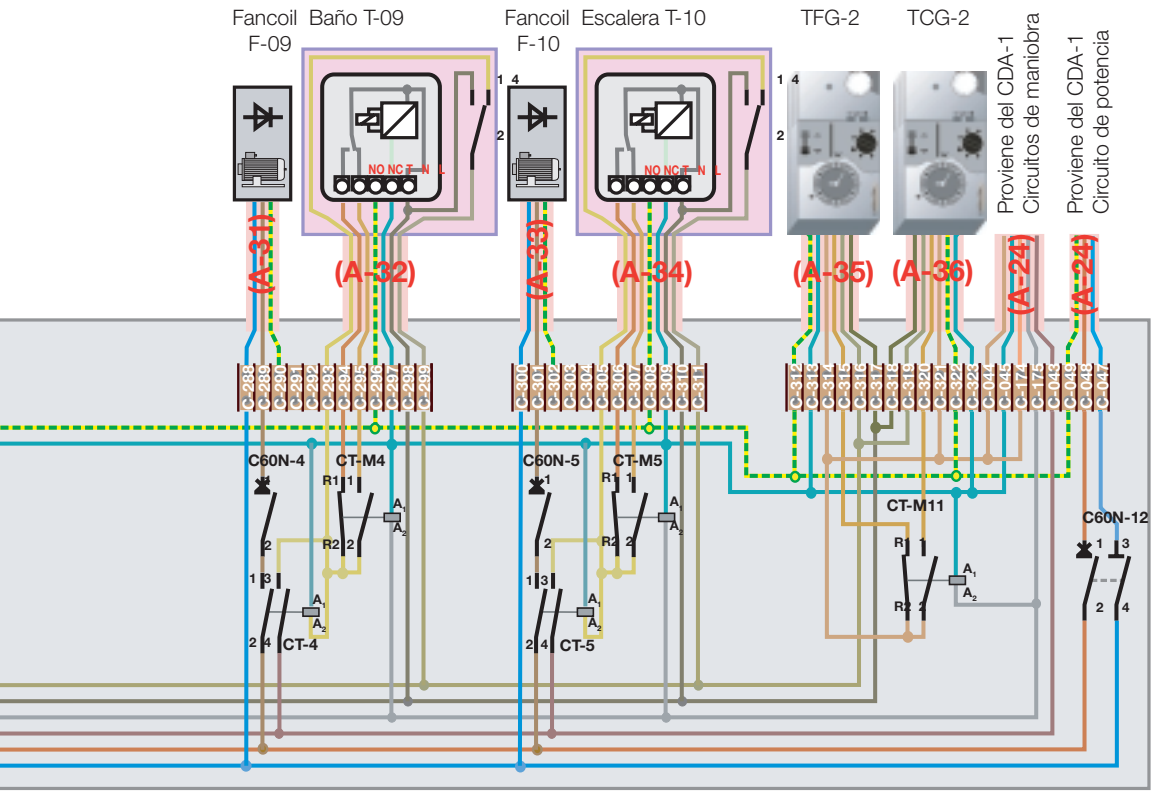
Agua sanitaria caliente

■ El agua circula por el depósito D1 a través de un serpentín y se distribuye a los puntos de consumo de agua sanitaria caliente a través de un termo eléctrico, que calienta el agua si no llega a la temperatura fijada en su termostato.
■ Este termo de unos 100 l es alimentado por corriente eléctrica en tarifa nocturna.
■ El termostato del termo se regula a 80 ºC, el agua procedente del serpentín del depósito de la calefacción puede estar al entorno de los 50 ºC, por tanto la resistencia calefactora del termo sólo tendrá que incremertar unos 30 ºC la temperatura del agua.
■ Debemos tener presente unos datos generales: por cada kWh y partiendo de agua a 12 ºC, se obtienen unos 30 l de agua a unos 37 ºC o bien 20 l a 50 ºC o bien 10 l a 85 ºC.
■ Un calentador de 80 l de volumen de agua con una resistencia de 1.000 W, puede elevar la temperatura del agua de 12 °C a 85 ºC en 8 horas (período de 8 horas de la tarifa nocturna).
■ Un calentador de 100 l de volumen de agua con una resistencia de 1.250 W, puede elevar la temperatura del agua de 12 °C a 85 ºC en 8 horas (período de 8 horas de la tarifa nocturna).

■ Caja de mecanismos T-10 de dos elementos, un termostato y un conmutador.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el termostato TCG-2 (A-35)
■ Seis conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.

Conducción empotrada desde el cuadro de distribución de acondicionamiento CDA-2 hasta el termostato TFG-2 (A-36)
■ Seis conductores de 1,5 mm², tubo de 25 mm.



ITC-BT-45 "Instalación de receptores. Aparatos de caldeo."

■ Un calentador de 100 l de volumen de agua con una resistencia de 1.250 W puede elevar la temperatura del agua de 12 a 85 ºC en 8 horas (período de 8 horas de la tarifa nocturna).
■ Un calentador de 120 l de volumen de agua con una resistencia de 1.500 W puede elevar la temperatura del agua de 12 a 85 ºC en 8 horas (período de 8 horas de la tarifa nocturna).

Agua para el aseo

Utilidades	Cantidad de agua a utilizar por unidad de servicio, a una temperatura confortable al entorno de los 37 ºC	Cantidad de agua caliente a aportar partiendo de una temperatura del agua corriente, no calentada de 12 ºC y la calentada de: 50 ºC	85 ºC	Energía consumida en kWh. Precio del kWh en tarifa nocturna 0,054 E
Para un baño completo	160 l	80 l	60 l	unos 5,5
Para una ducha	de 30 a 45 l	de 15 a 25 l	de 10 a 15 l	de 1 a 1,5
Para un lavado de manos	de 3 a 9 l	de 2 a 6 l	de 1 a 3 l	de 0,1 a 0,2

Tabla L6.3-127: *consumos en agua sanitaria en una vivienda por actividad.*

Red de confort y alarmas técnicas

Para obtener una mayor facilidad de expresión didáctica hemos separado el circuito C_{11}, correspondiente a automatismos, del circuito principal. Solamente es necesario la utilización de un circuito independiente, solo para el BUS, en los casos que utilicemos sistemas de comunicación por BUS:

■ Del cuadro general de automatismos CGAT saldrán los circuitos bipolares hasta diferentes cajas de conexión, de las cuales derivaremos las conexiones de las cargas y controles de cada dependencia o conjunto de dependencias. El circuito alimentado directamente desde la línea C_{11} llevará el conductor de protección (tierra ⏚) y el circuito alimentado con la red de salida del SAI llevará un circuito de equipotencialidad que conectaremos al borne principal de tierra.

■ Procuraremos seguir el mismo trazado que para el circuito principal.

■ El control del circuito C_{11} lo realizaremos con el sistema domótico, con dos circuitos independientes, el de confort y el de alarmas técnicas e informática que lo alimentaremos a través de un SAI.

■ En el circuito de confort dispondremos de cuatro servicios:

□ Control de subida y bajada de todas las persianas de la casa de forma individual y de una forma generalizada desde la puerta de salida de la vivienda.

□ Control individual de los dos toldos de las dos terrazas.

□ Disposición automática y programada del riego del jardín.

□ Control a distancia, por medio de un mando de infrarrojos, de la puerta de entrada del garaje.

■ En el circuito de alarmas técnicas dispondremos de tres servicios:

□ Control de fugas de agua, con detectores en el servicio, baño, cocina, zona de lavado y sótano para la calefacción. En el momento de activarse uno de los detectores situados en las dependencias relacionadas, permitirá la activación de un zumbador situado en el cuadro general y el cierre de la válvula general de entrada de agua en la casa.

□ Control de humos o fuego, con detectores en la cocina, en el garaje, en el repartidor de la planta baja y en el repartidor de la primera planta. En el momento de activarse uno de los detectores situados en las dependencias relacionadas, permitirá la activación de un zumbador situado en el cuadro general y una comunicación telefónica de aviso.

□ Control de presencia (intrusos), con detectores en el garaje, en la sala de estar-comedor, en el repartidor de la planta baja y en el repartidor de la primera planta. En el momento de activarse uno de los detectores situados en las dependencias relacionadas, permitirá la activación de un zumbador situado en el cuadro general y una comunicación telefónica de aviso.

Cuadro general de automatismos

Lo alimentaremos desde el cuadro general de distribución, salida C_{11}, y efectuaremos la conexión a través de un interruptor automático magnetotérmico a corriente diferencial residual bipolar DPN Vigi.

Desde este punto alimentaremos un circuito, el de confort, y la alimentación del circuito de alarmas técnicas la realizaremos desde el cuadro de distribución de alarmas técnicas CDAT:

■ Circuito de confort. En el circuito de confort dispondremos de un módulo de alimentación ALM-D 8605, un módulo con dos entradas y dos salidas AMG-006R para atender las órdenes generales de movilización de todas las persianas de la casa, un reloj para programar el horario de riego.

■ Circuito de alarmas técnicas. En el circuito de confort dispondremos de un módulo de alimentación ALM-D 8605, un módulo con dos entradas y dos salidas AMG-006R y un módulo de comunicación a la red Telefónica, un interruptor con

enclavamiento de llave para situar en servicio la detección de presencia y tres zumbadores para definir la alarma activada, detección de humos, fuga de agua o intrusos.

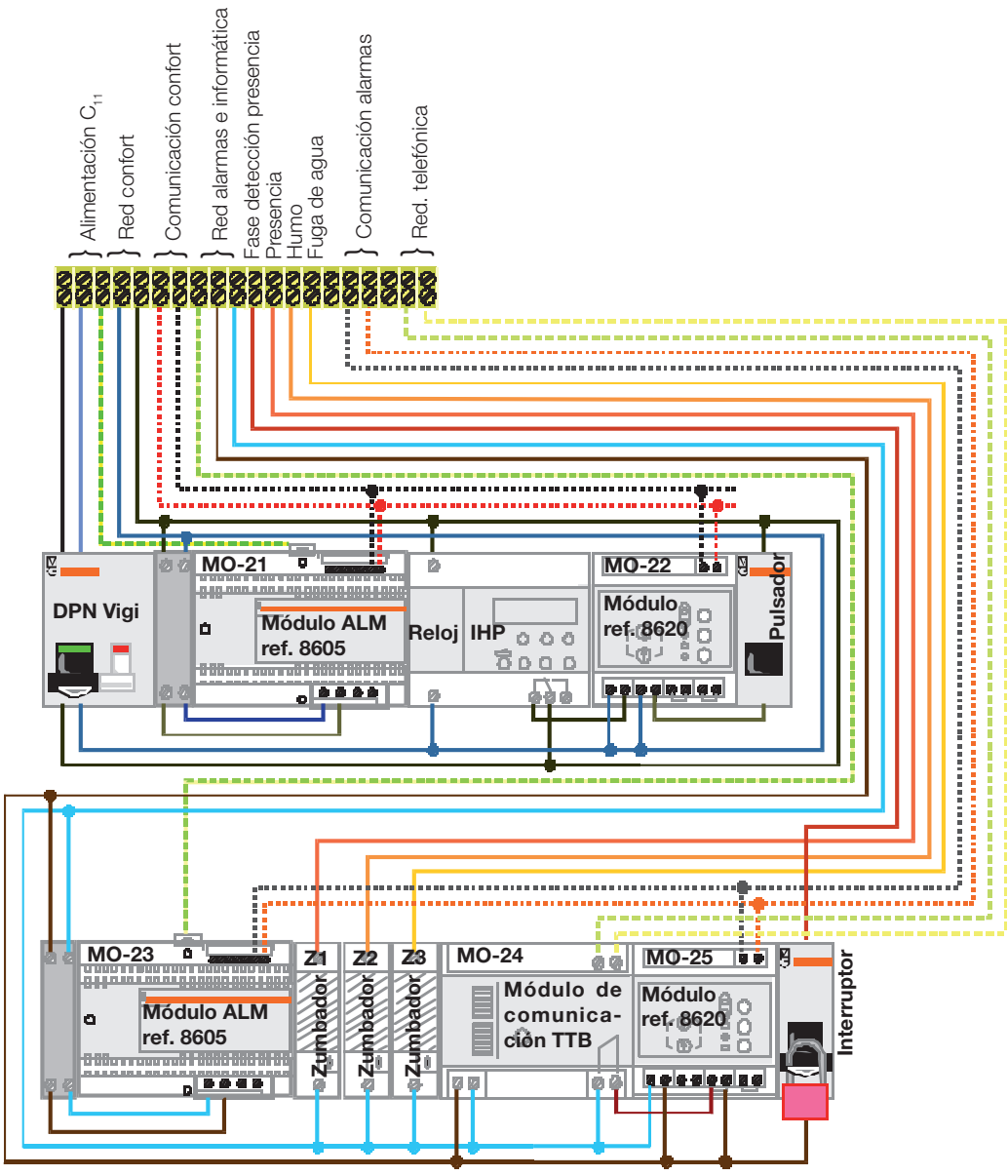


Fig. L6.3-128: *esquema de alarmas técnicas y confort.*

Conducciones entre el cuadro general de automatismos y la caja CA1A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.

■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea de zumbadores y la fase de detección de presencia de 1,5 mm^2.

■ 3 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores para la comunicación, dos de la línea de confort y dos de la línea de alarmas de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA1A y la CA2A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores para la comunicación, dos de la línea de confort y dos de la línea de alarmas de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2A y el cuadro de distribución automatismos

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y tres conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2A y la CA3A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores para la comunicación, dos de la línea de confort y dos de la línea de alarmas de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA2A y la CA4A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores para la comunicación, dos de la línea de confort y dos de la línea de alarmas de 1,5 mm^2.

Conducciones entre la caja CA4A y la CA5A

■ 1 - Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_{11} de 1,5 mm^2 y cuatro conductores de la línea C_{11A} de 1,5 mm^2.
■ 2 - Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores para la comunicación, dos de la línea de confort y dos de la línea de alarmas de 1,5 mm^2.

Esquema de distribución de la línea C_{11} de automatización

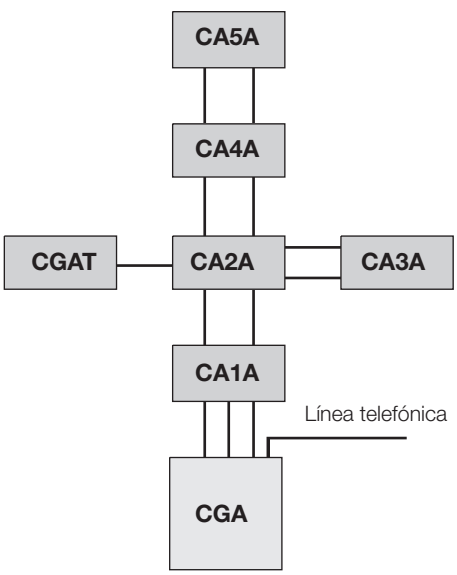


Fig. L6.3-129: *distribución entre los cuadros y las cajas del circuito de la línea C_{11} automatismos.*

■ De las cajas de distribución CA se derivan todas las conducciones correspondientes a su área de influencia, permitiendo desde éstas efectuar el control de mantenimiento o discernir las posibles averías.

■ Distribución en la planta baja.

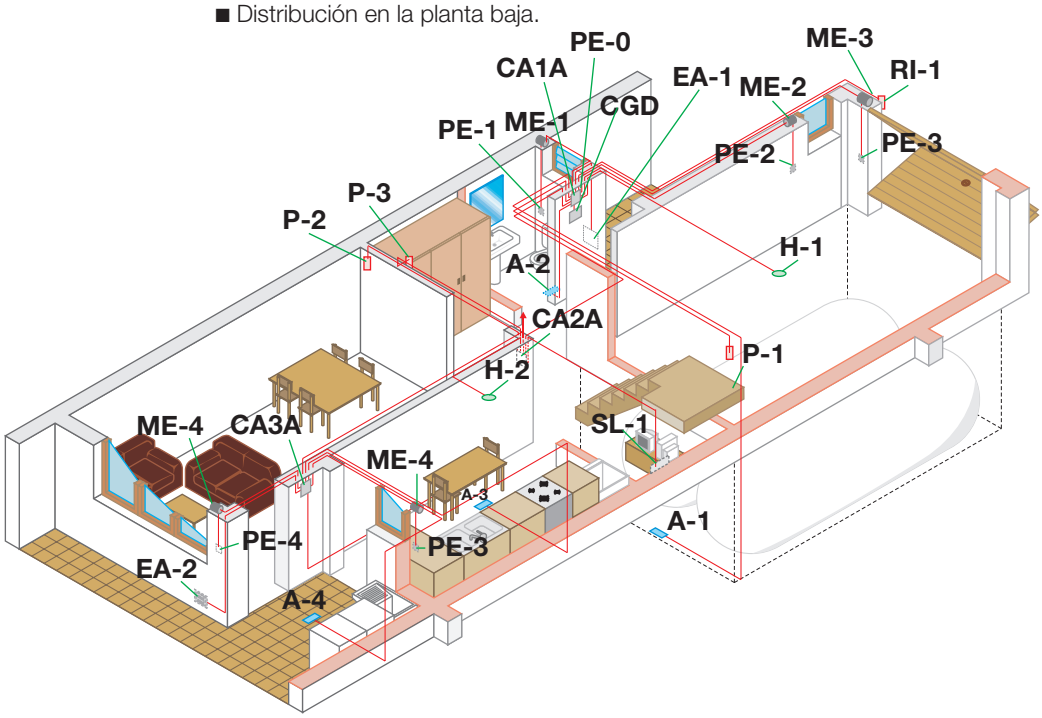


Fig. L6.3-130: *distribución de cajas de derivación en la planta baja.*

■ Distribución de la primera planta.

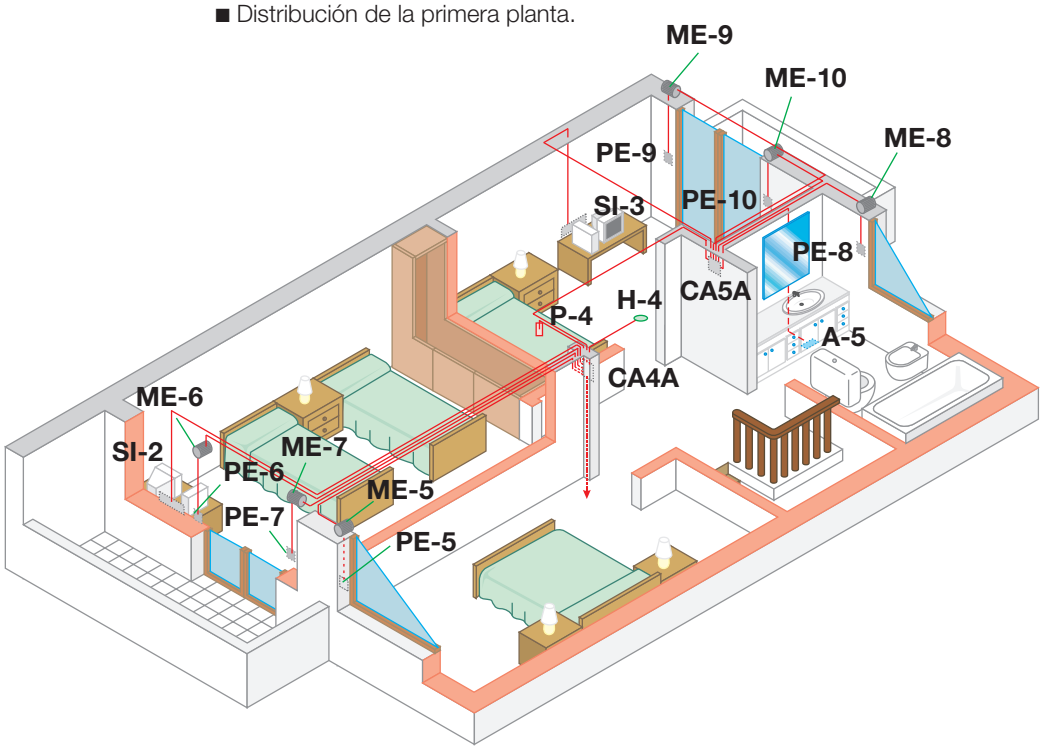
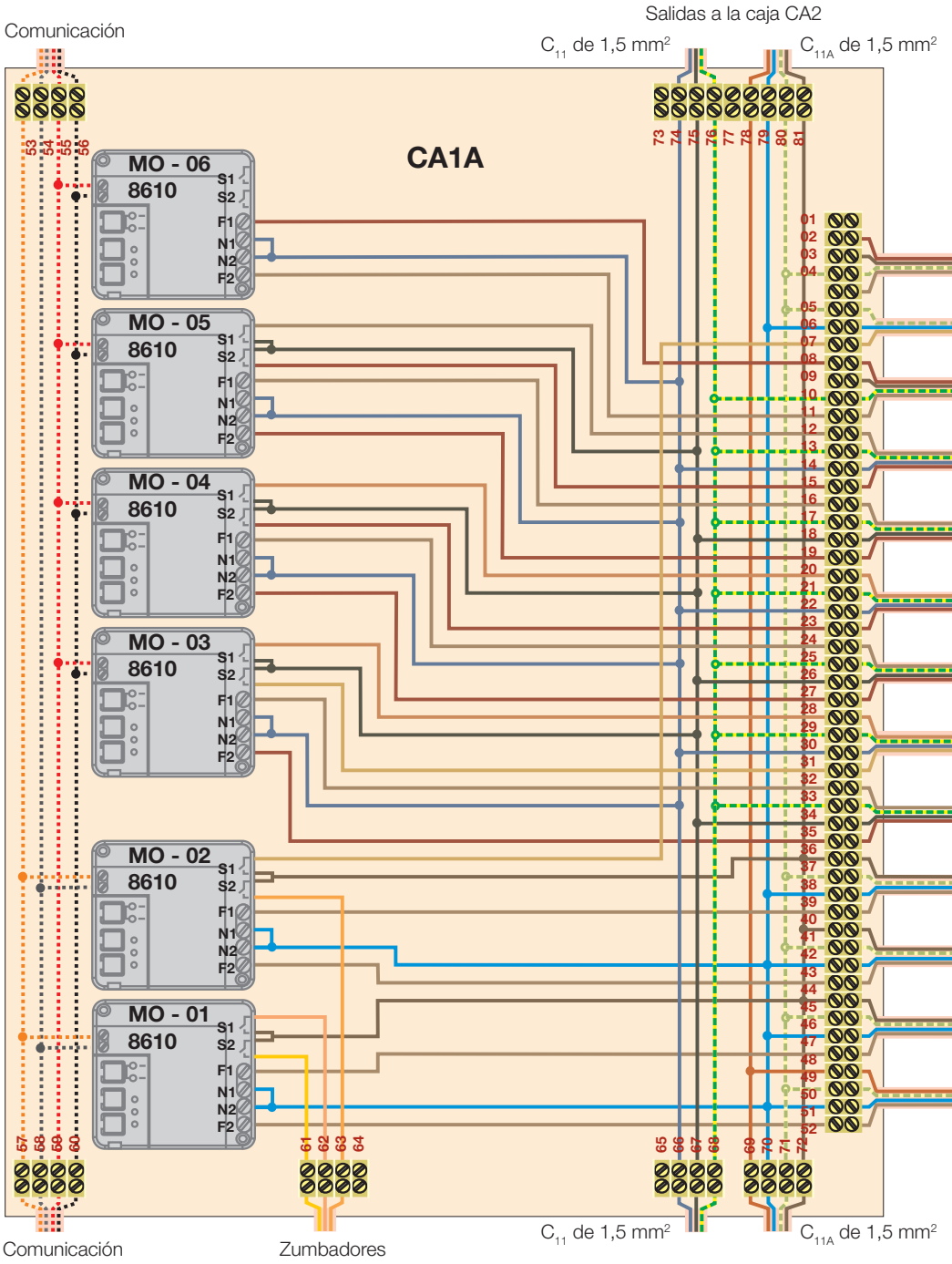


Fig. L6.3-131: *distribución de cajas de derivación en la primera planta.*

Conducciones que derivan de la caja CA1

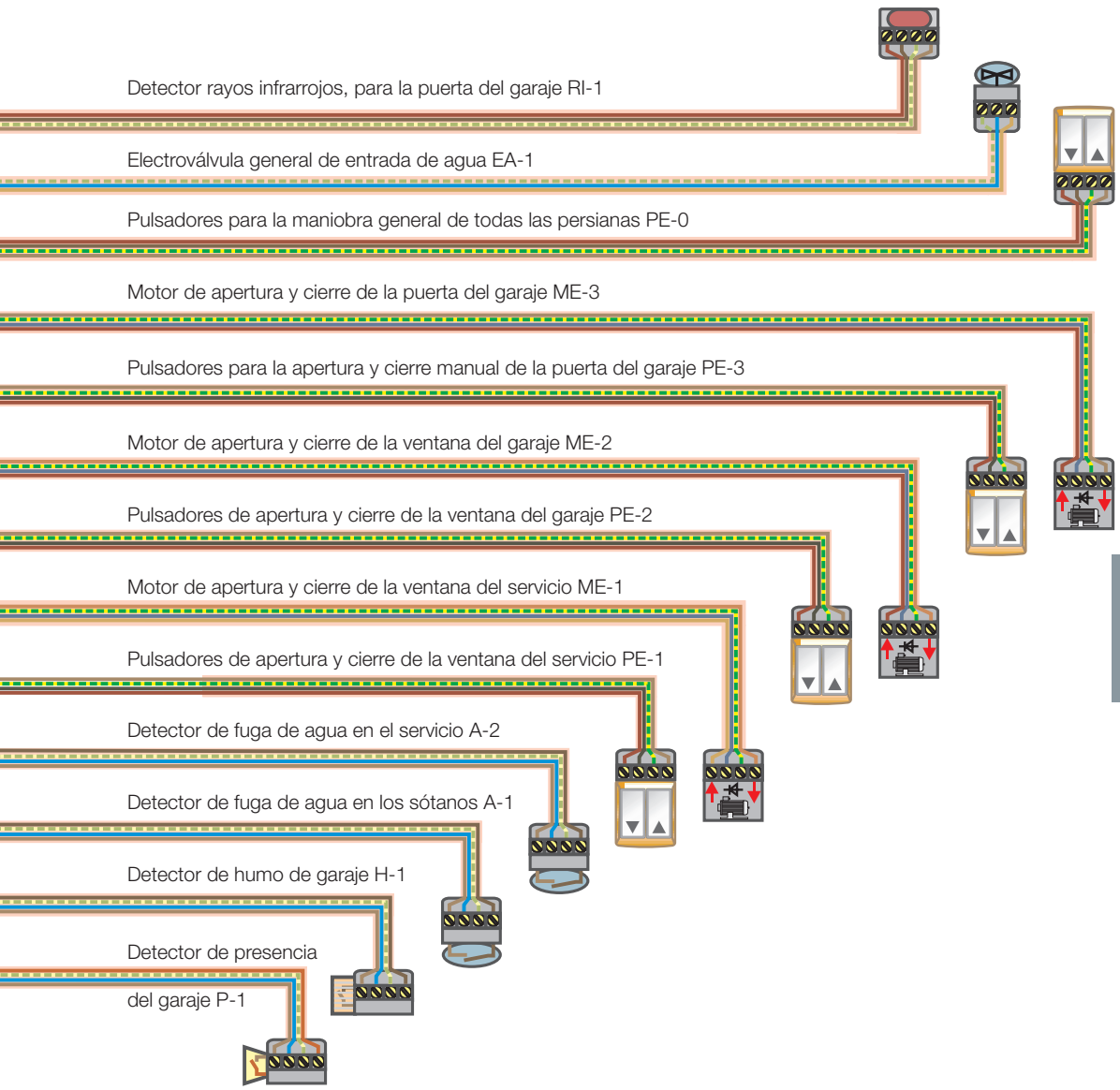


Entradas del cuadro general de las alarmas y el confort

Fig. L6.3-132: *esquema caja CA1.*

■ Detector rayos infrarrojos, para la puerta del garaje RI-1.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea RI-1 de 1,5 mm².

■ Electroválvula general de entrada de agua EA-1. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea EA-01 de 1,5 mm^2.
■ Pulsadores para la maniobra general de todas las persianas PE-0. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea EA-01 de 1,5 mm^2.



■ Motor de apertura y cierre de la puerta del garaje ME-3. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-03 de 1,5 mm^2.
■ Pulsadores para la apertura y cierre manual de la puerta del garaje PE-3. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-03 de 1,5 mm^2.
■ Motor de apertura y cierre de la ventana del garaje ME-2. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-02 de 1,5 mm^2.

■ Pulsadores de apertura y cierre de la ventana del garaje PE-2.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-02 de 1,5 mm^2.
■ Motor de apertura y cierre de la ventana del servicio ME-1.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-01 de 1,5 mm^2.
■ Pulsadores de apertura y cierre de la ventana del servicio PE-1.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-01 de 1,5 mm^2.
■ Detector de fuga de agua en el servicio A-2.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea A-02 de 1,5 mm^2.
■ Detector de fuga de agua en los sótanos A-1.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea A-01 de 1,5 mm^2.
■ Detector de humo de garaje H-1.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea H-01 de 1,5 mm^2.
■ Detector de presencia del garaje P-1.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea P-01 de 1,5 mm^2.

Conducciones que derivan de la caja CA2
■ Detector de humo de sala de estar comedor H-2.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea H-02 de 1,5 mm^2.
■ Detector de presencia sala de estar comedor P-2.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea P-02 de 1,5 mm^2.
■ Detector de humo repartidor planta baja H-3.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea H-02 de 1,5 mm^2.
■ Detector de presencia repartidor planta baja P-3.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea P-02 de 1,5 mm^2.
■ Alimentación cuadro distribución alarmas técnicas CDAT:
□ Desde la línea C_{11} alimentamos un SAI a través de un interruptor automático magnetotérmico y a corriente diferencial residual.
□ A la salida del SAI, disponemos de la línea CA_{11A} con una reserva de carga para una hora, de la cual distribuiremos todo el circuito de alarmas técnicas y cargas para la informática.
□ El control lo realizamos a través de un interruptor diferencia ID y un interruptor magnetotérmico bipolar C60N.
□ La conducción se realiza por medio de un conducto de 20 mm y de seis conductores de 1,5 mm^2.
■ Tomas de corriente sistema informático SI-1:
□ Formado por dos tomas alimentadas por la línea C_{11A} para la CPU y el monitor y dos tomas alimentadas por la línea C_{11} para la impresora y otro equipo informático.
□ Conducto con tubo de diámetro 20 mm con tres conductores de la línea C_{11} y tres de C_{11A} de 1,5 mm^2.

Conducciones que derivan de la caja CA3
■ Electroválvula general riego jardín EA-2. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con tres conductores de la línea E A-02 de 1,5 mm^2.

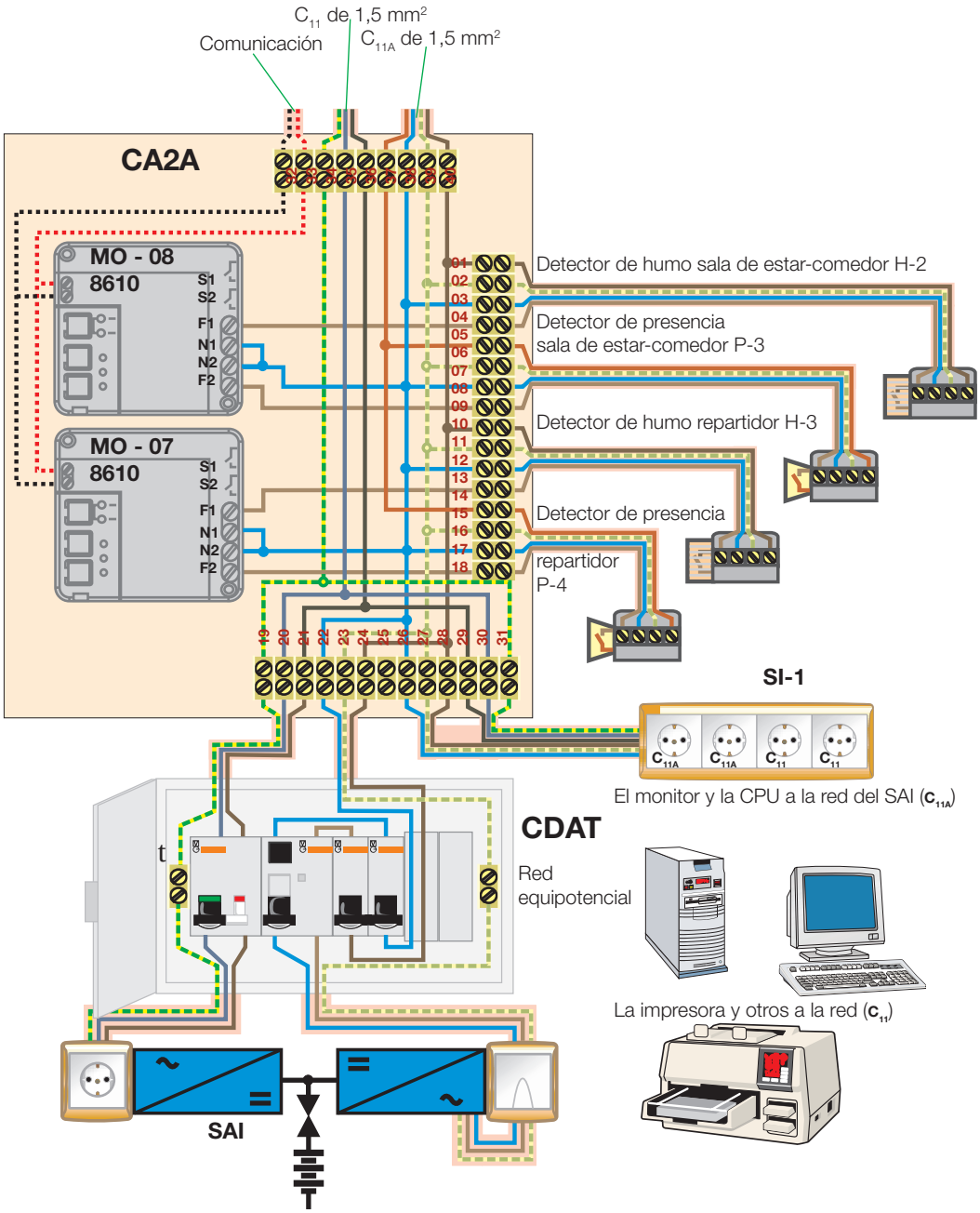


Fig. L6.3-133: *esquema caja CA2.*

■ Motor de apertura y cierre de la ventana de la sala de estar ME-4. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-4 de 1,5 mm².
■ Pulsadores de apertura y cierre de la sala de estar PE-4. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-04 de 1,5 mm².
■ Motor de apertura y cierre de la ventana de la cocina ME-3. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-03 de 1,5 mm².
■ Pulsadores de apertura y cierre de la ventana de la cocina PE-3. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-03 de 1,5 mm².

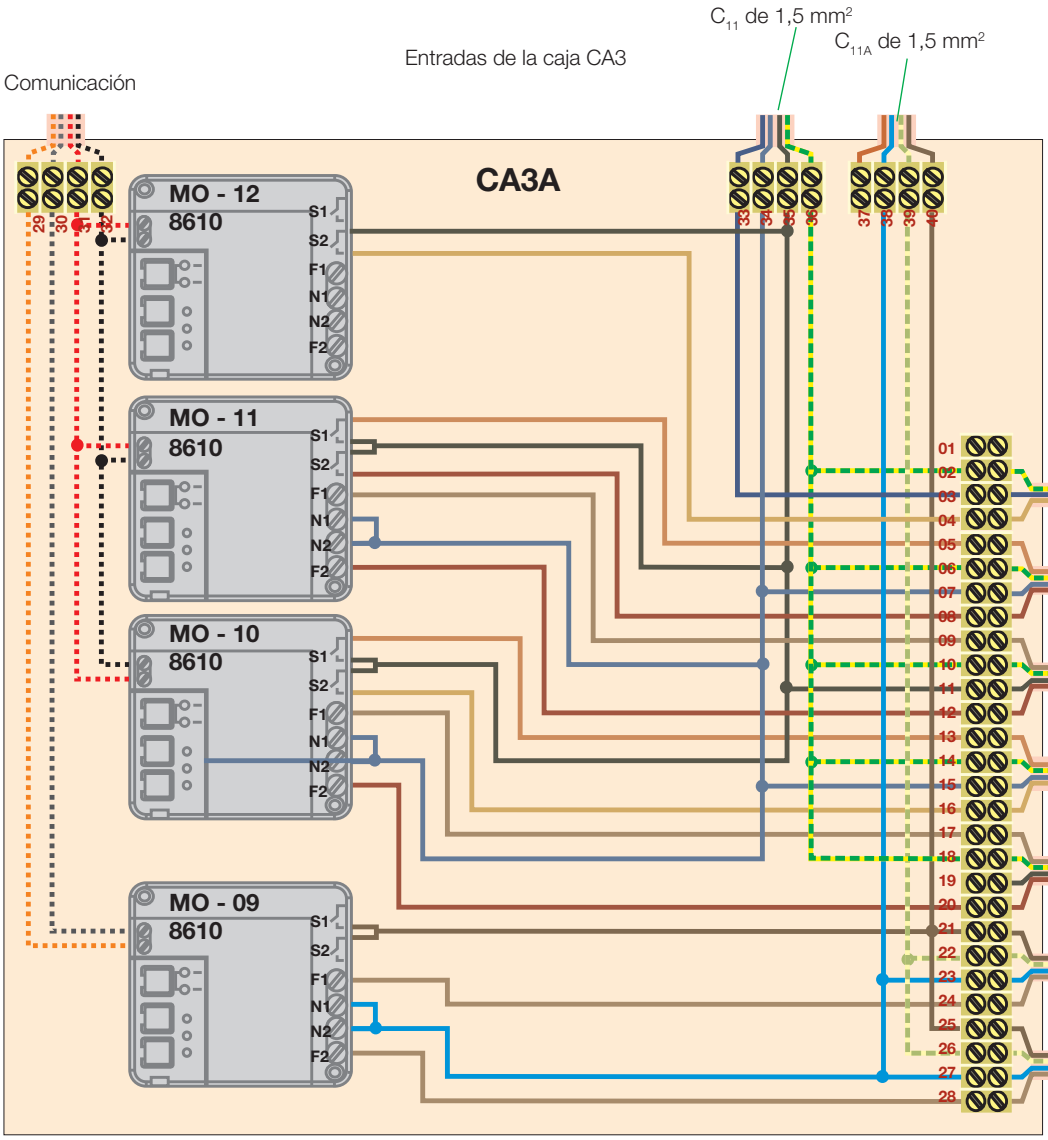
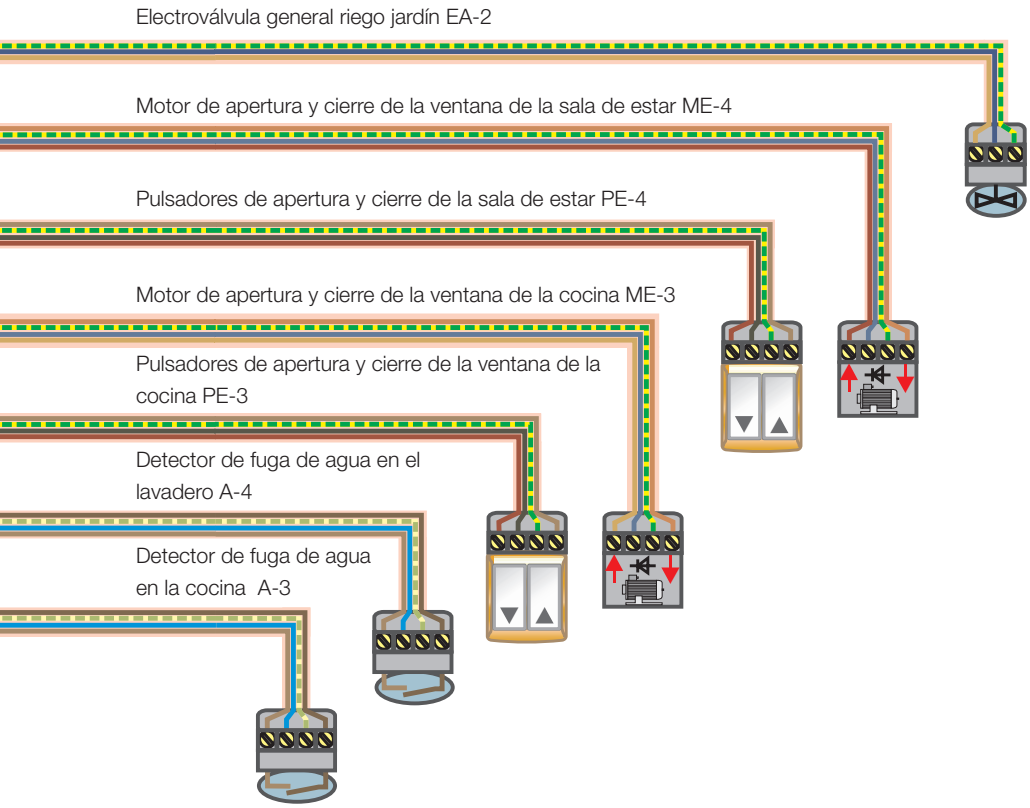


Fig. L6.3-134: *esquema caja CA3.*

■ Detector de fuga de agua en el lavadero A-4.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea A-04 de 1,5 mm².
■ Detector de fuga de agua en la cocina A-3.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea A-03 de 1,5 mm².

Conducciones que derivan de la caja CA4

■ Motor de apertura y cierre de la puerta del toldo (T2) ME-7.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-07 de 1,5 mm².
■ Pulsadores para la apertura y cierre manual del toldo (T2) PE-7.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-07 de 1,5 mm².



■ Motor de apertura y cierre de la puerta del dormitorio (D2) ME-6. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-06 de 1,5 mm^2.
■ Pulsadores de apertura y cierre de la puerta del dormitorio (D2) PE-6. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-06 de 1,5 mm^2.
■ Motor de apertura y cierre de la ventana del dormitorio (DM) ME-5. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-05 de 1,5 mm^2.
■ Pulsadores de apertura y cierre de la ventana del dormitorio (DM) PE-5.
■ Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-05 de 1,5 mm^2.
■ Detector de humo repartidor piso H-4.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea H-04 de 1,5 mm^2.

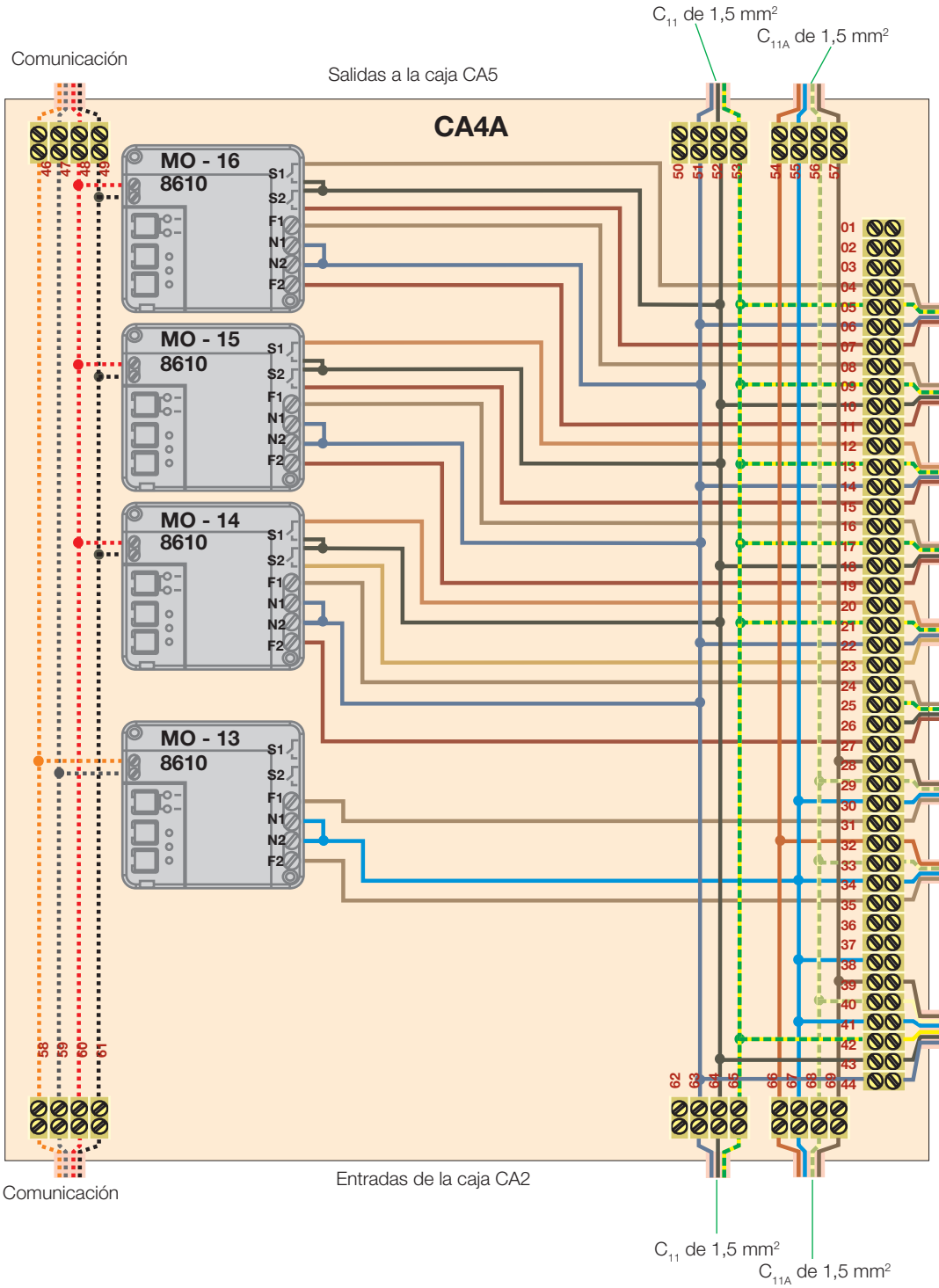
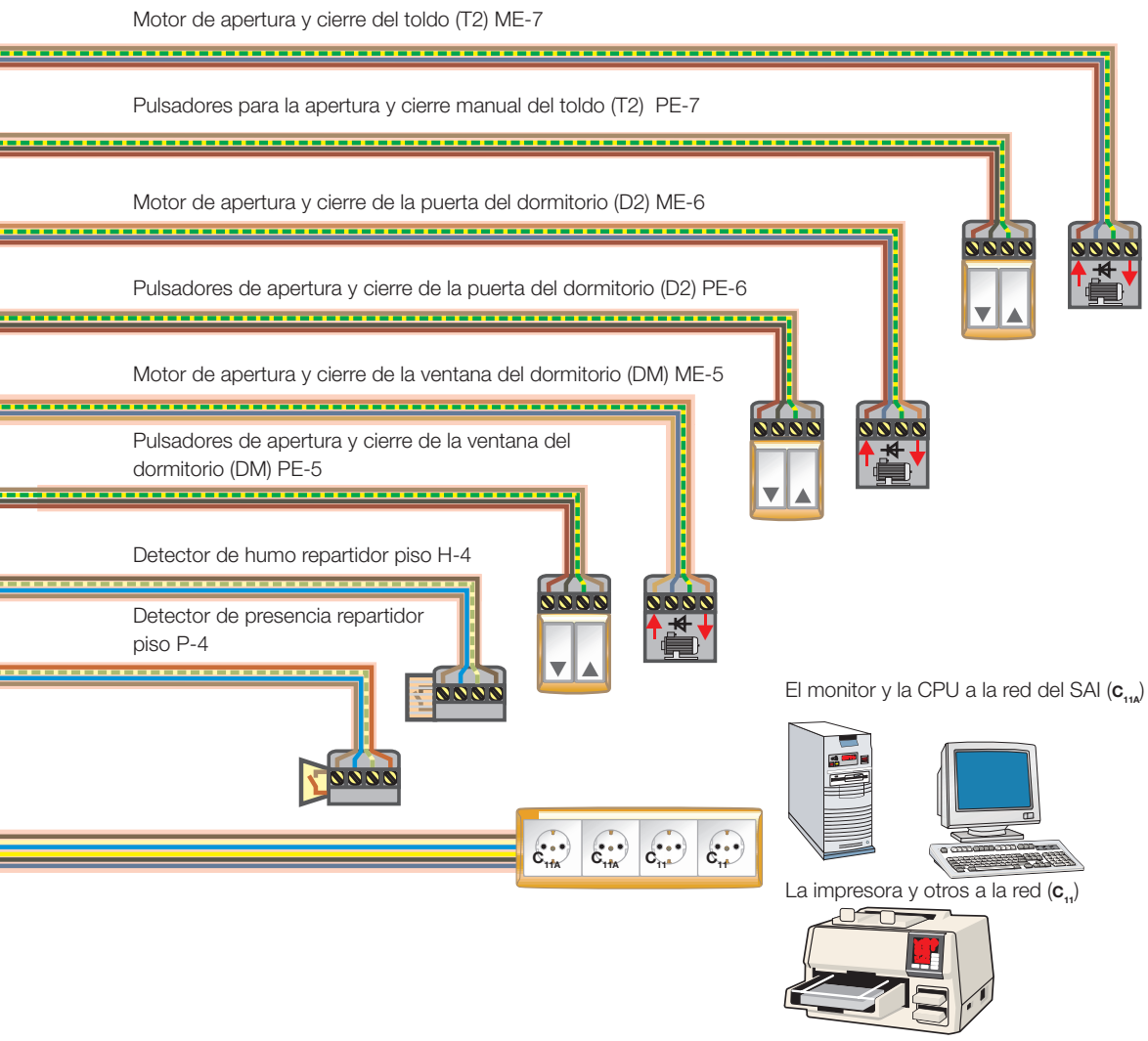


Fig. L6.3-135: *esquema caja CA4.*

■ Detector de presencia repartidor piso P-4.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea P-04 de 1,5 mm^2.



Conducciones que derivan de la caja CA5

■ Motor de apertura y cierre del toldo (T1) ME-10.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-10 de 1,5 mm^2.

■ Pulsadores para la apertura y cierre manual del toldo (T1) PE-10.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-10 de 1,5 mm^2.

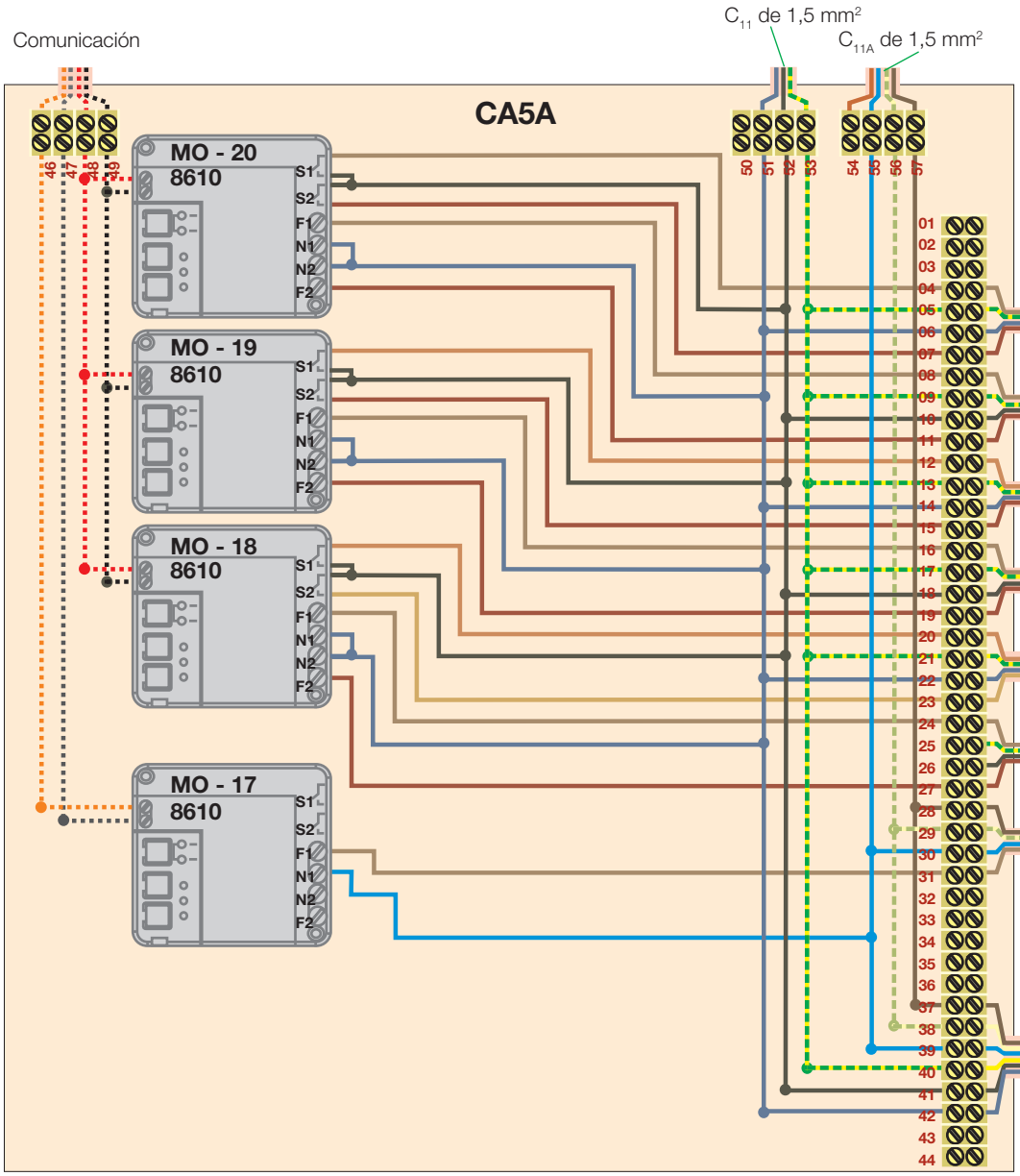
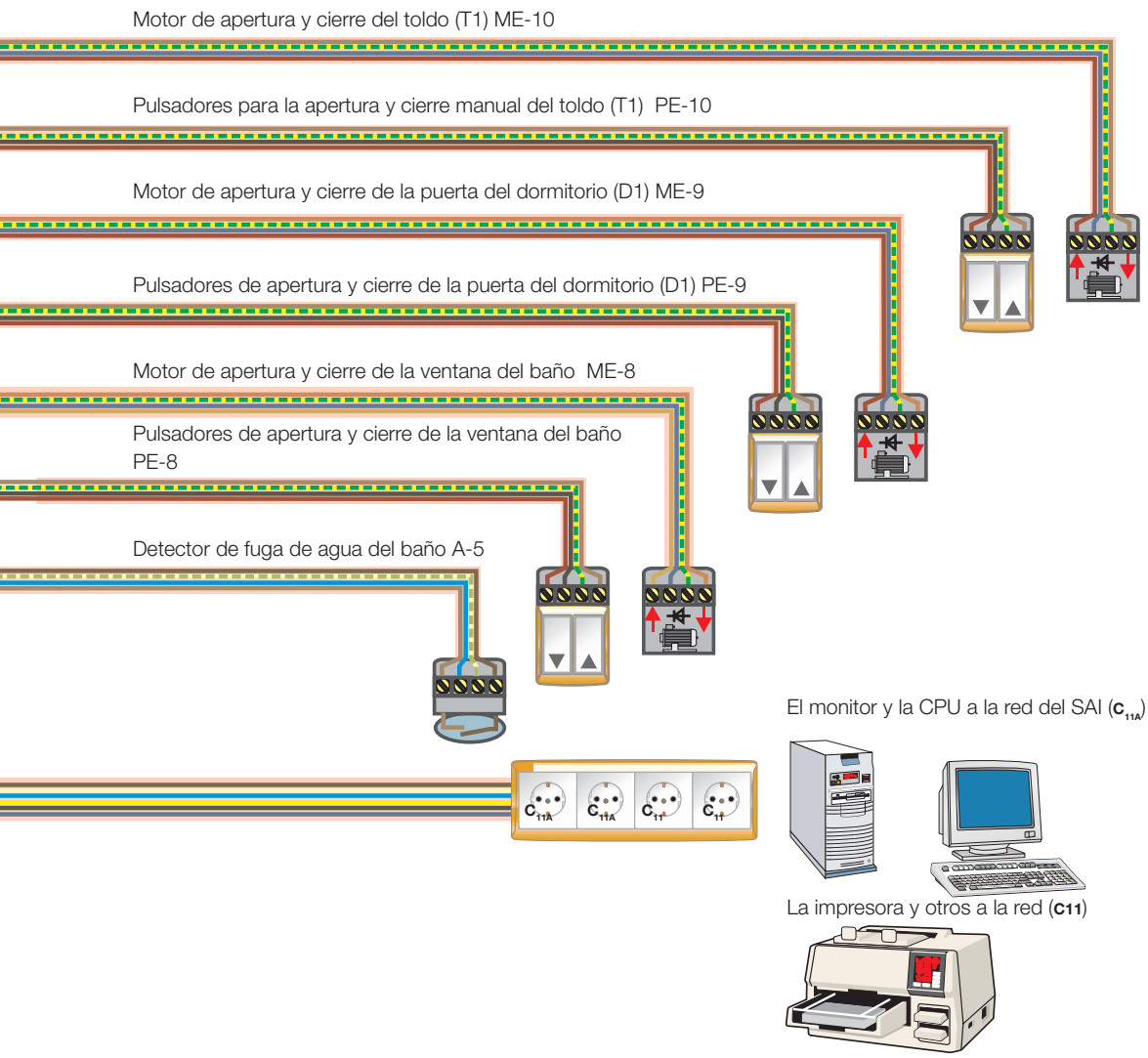


Fig. L6.3-136: *esquema caja CA5.*

■ Motor de apertura y cierre de la puerta del dormitorio (D1) ME-9.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-09 de 1,5 mm².
■ Pulsadores de apertura y cierre de la puerta del dormitorio (D1) PE-9.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-09 de 1,5 mm².
■ Motor de apertura y cierre de la ventana del baño ME-8.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea ME-08 de 1,5 mm².
■ Pulsadores de apertura y cierre de la ventana del baño PE-8.
Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea PE-08 de 1,5 mm².



■ Detector de fuga de agua del baño A-5. Conducto con tubo de diámetro 16 mm con cuatro conductores de la línea A-05 de 1,5 mm^2.

Circuitos de actividad

Línea C_{11} correspondiente al confort

■ Alimentada desde el circuito C_{11}, a través de un interruptor automático magnetotérmico y a corriente diferencial residual DPN Vigi.

■ Un módulo de alimentación ALM (8605) MO-21 del cual se alimentan 13 módulos, de dos entradas y dos salidas (8610) y un módulo (8620) MO-22, en el cuadro general de alarmas técnicas CGAT, comporta el control del confort.

Puerta de garaje

■ Para abrir y cerrar la puerta disponemos de un motor ME-3 y un mando por pulsadores PE-3 que permite su maniobra manual.

■ El control se realiza a través del módulo MO-05. Los pulsadores activan las entradas 1 subir y 2 bajar y el motor a través de las salidas S1 gira a la derecha y la S2 gira a la izquierda.

■ Existe una posibilidad de dar las órdenes a través del captador de señales infrarrojo RI-1 para que a través del módulo DIMER cierra o abra las salidas S1 y S2 del módulo MO.05.

Control de las persianas

El control de subir o bajar las persianas se realiza de forma individual a través de los pulsadores y motores correspondientes a cada persiana:

■ Planta baja:
□ Ventana garaje:
– Motor ME-02.
– Pulsador PE-02.
– Módulo MO-04.
– Caja de dependencia CA1A.
□ Ventana servicio:
– Motor ME-01.
– Pulsador PE-01.
– Módulo MO-03.
– Caja de dependencia CA1A.
□ Ventana sala de estar:
– Motor ME-04.
– Pulsador PE-04.
– Módulo MO-11.
– Caja de dependencia CA3A.
□ Ventana cocina:
– Motor ME-03.
– Pulsador PE-03.
– Módulo MO-10.
– Caja de dependencia CA3A.

■ Primer piso:
□ Puerta dormitorio D2:
– Motor ME-06.
– Pulsador PE-06.
– Módulo MO-04.
– Caja de dependencia CA4A.
□ Ventana dormitorio DM:
– Motor ME-05.
– Pulsador PE-05.
– Módulo MO-14.
– Caja de dependencia CA4A.
□ Puerta dormitorio D1:
– Motor ME-09.
– Pulsador PE-09.
– Módulo MO-19.
– Caja de dependencia CA5A.
□ Ventana baño:
– Motor ME-08.
– Pulsador PE-08.
– Módulo MO-18.
– Caja de dependencia CA5A.

□ Los pulsadores PE-0 situados al lado de la puerta de entrada nos permiten cerrar o abrir todas las persianas desde un punto estratégico para su función y a través del módulo MO-06.

Control de los toldos

El control de subir o bajar los toldos se realiza de forma individual a través de los pulsadores y motores correspondientes a cada toldo:

■ Toldo terraza T1:
– Motor ME-10.
– Pulsador PE-10.
– Módulo MO-20.
– Caja de dependencia CA5A.

■ Toldo terraza T2:
– Motor ME-07.
– Pulsador PE-07.
– Módulo MO-16.
– Caja de dependencia CA4A.

Control del riego del jardín

■ Un programador horario y semanal IHP nos permite abrir una electroválvula de paso del agua de riego del jardín de forma programada a través del módulo MO-12, caja CA3A. Un pulsador situado en el cuadro general nos permite activar el riego del jardín a voluntad, a través del módulo MO-25 situado en el cuadro general.

Línea C_{11A} correspondiente a las alarmas técnicas

■ Alimentada desde los bornes (19-20-21) de la caja CA2A correspondientes al circuito C_{11}, a través de un interruptor automático magnetotérmico y a corriente diferencial residual DPN Vigi y un SAI que mantiene la carga durante una hora al fallo de la alimentación de la línea C_{11}.

■ La salida denominada C_{11A} la protegemos a través de un interruptor automático a corriente diferencial residual ID y un interruptor automático magnetotérmico C60N.

■ Un módulo de alimentación ALM (8605) MO-23 del cual se alimentan 7 módulos, de dos entradas y dos salidas (8610), un módulo (8620) MO-25 y un módulo de comunicación TTB MO-24, en el cuadro general de alarmas técnicas CGAT, comporta el control de las alarmas técnicas.

Detección de fugas de agua

■ Detección de fugas de agua en el sótano (sala de acondicionamiento):
– Detector A-1.
– Módulo MO-02.
– Caja CA1A.

■ Detección de fugas de agua en el servicio de la planta baja:
– Detector A-2.
– Módulo MO-02.
– Caja CA1A.

■ Detección de fugas de agua en la cocina:
– Detector A-3.
– Módulo MO-09.
– Caja CA3A.

■ Detección de fugas de agua en el lavadero:
– Detector A-4.
– Módulo MO-09.
– Caja CA3A.

■ Detección de fugas de agua en el baño del primer piso:
– Detector A-5.
– Módulo MO-17.
– Caja CA5A.

■ Los detectores permiten dar la señal para que la electroválvula de paso general del agua EA-01 se cierre en el momento de detectar un derrame de agua por el suelo:
– Electroválvula EA-01.
– Módulo MO-02.
– Caja CA1A.

■ La activación de cualquier detector a través de la salida S2 del módulo MO-01 activa el zumbador Z1 del cuadro general.

Detección de humo o fuego

En función de la finalidad del detector, en cada dependencia deberemos elegir un tipo de detector (ver capítulo J, apartado 19.19.5. Las relacionadas con el fuego, humos y gases tóxicos, página J/904 del 3.er Volumen).

Detector de humo en el garaje

– Detector H-01.
– Módulo MO-01.
– Caja CA1A.

Detector de humo o fuego en la cocina

– Detector H-02.
– Módulo MO-08.
– Caja CA2A.

■ Detector de humo repartidor planta baja:
– Detector H-03.
– Módulo MO-07.
– Caja CA2A.

■ Detector de humo repartidor piso:
– Detector H-04.
– Módulo MO-13.
– Caja CA4A.

■ La activación de cualquier detector a través de la salida S1 del módulo MO-01 activa el zumbador Z2 del cuadro general.

Detección presencia de intrusos

■ A través del interruptor con enclavamiento podemos hacer llegar la fase al sistema de detección de presencia. Este interruptor tiene la finalidad de poder activar el sistema a voluntad.

■ La posibilidad de eliminar detectores para mantener un control en parte de la casa también puede realizarse, cualquier alternativa tiene la posibilidad de ser incorporada.

■ Detector de presencia en el garaje:
– Detector P-01.
– Módulo MO-01.
– Caja CA1A.

■ Detector de presencia en la sala de estar comedor:
– Detector P-02.
– Módulo MO-08.
– Caja CA2A.

■ Detección de presencia en el repartidor de la planta baja:
– Detector P-03.
– Módulo MO-07.
– Caja CA2A.

■ Detector de presencia en el repartidor del primer piso:
– Detector P-04.
– Módulo MO-13.
– Caja CA4A.

■ La activación de cualquier detector a través de la salida S2 del módulo MO-02 activa el zumbador Z3 del cuadro general.

■ Las tres alarmas pueden a través del módulo (8620) MO-25 y el módulo de comunicación TTB MO-24, comunicar con un teléfono, dando la señal de alarma.

ITC-BT-12 "Instalaciones de enlace. Esquemas."
ITC-BT-13 "Instalaciones de enlace. Cajas Generales de Protección."
ITC-BT-14 "Instalaciones de enlace. Línea General de Alimentación."
ITC-BT-15 "Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales."
ITC-BT-16 "Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación."
ITC-BT-18 "Instalaciones de puesta a tierra."
ITC-BT-24 "Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos."

6.3.1.5. Medidas de protección para garantizar la seguridad

Las medidas de protección contra los choques eléctricos

Regla fundamental de la protección contra los choques eléctricos

Las partes activas peligrosas no deben ser accesibles y las partes conductoras accesibles no deben ser peligrosas:

- Ni en funcionamiento normal.
- Ni en caso de defecto.

España, desde el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, establece en términos generales la medida de utilizar el doble aislamiento contra los contactos directos, y la protección por desconexión de la alimentación para los contactos indirectos (ver la ITC-BT-24). Instalaciones interiores o receptoras Protección contra los contactos directos e indirectos.

Así mismo, se contempla la protección contra contactos directos e indirectos, mediante la utilización de Muy Bajas Tensiones de Seguridad (MBTS). Ver la ITC-BT-36. Instalaciones a muy baja tensión y transformadores de aislamiento.

Para una mayor comprensión de la filosofía de la IEC y UNE sobre este tema de las protecciones sobre contactos directos, ver el apartado 2.1.2. "Protección contra los choques eléctricos en servicio normal", página L/14.

Instalación de responsabilidad de la Cía. suministradora

Comprende desde la red de distribución de baja tensión, la acometida, la caja general de protección, el equipo de contaje y la conexión hasta el interruptor de control de potencia ICPM.

A partir de los bornes de salida del ICPM es responsabilidad del abonado.

Las parte de instalación de responsabilidad de la Cía. se protege de los contactos directos e indirectos por aislamiento de Clase II (doble aislamiento) y por alejamiento (fuera del alcance del ser humano y de los animales domésticos).

Las acometidas

Se realizarán de conformidad al apartado 1.2. "Las instalaciones de enlace", página D/19 del 1.er Volumen, con correspondencia a las ITC-BT de la 11 a la 17:

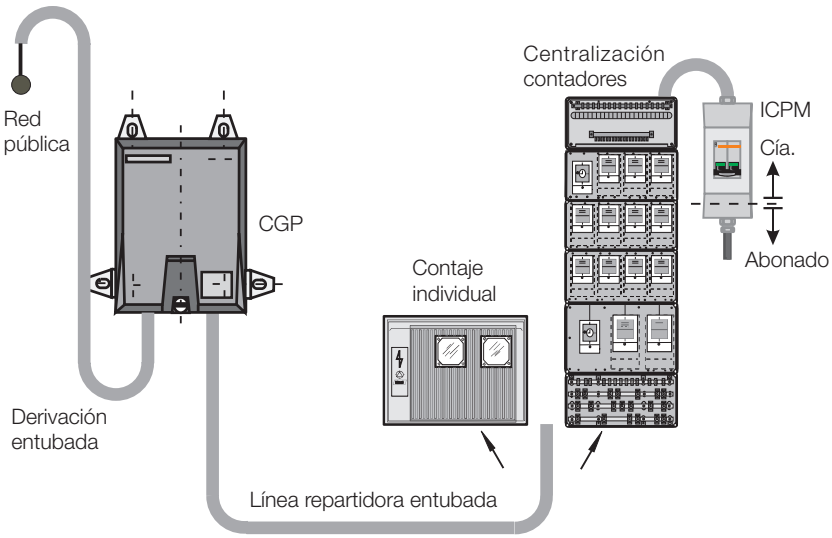


Fig. L6.3-137: *acometida.*

■ Si son aéreas se realizarán de conformidad al apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/169 del 1.er Volumen.

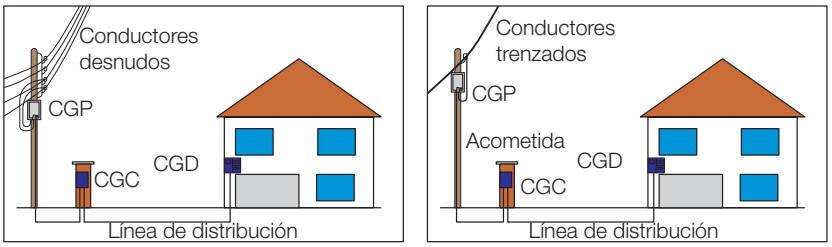


Fig. L6.3-138: *acometidas aéreas.*

■ Si son subterráneas se realizarán de conformidad al apartado 7.1.2. “Líneas subterráneas, enterradas, entubadas o en galerías”, página F/189 del 1.er Volumen.

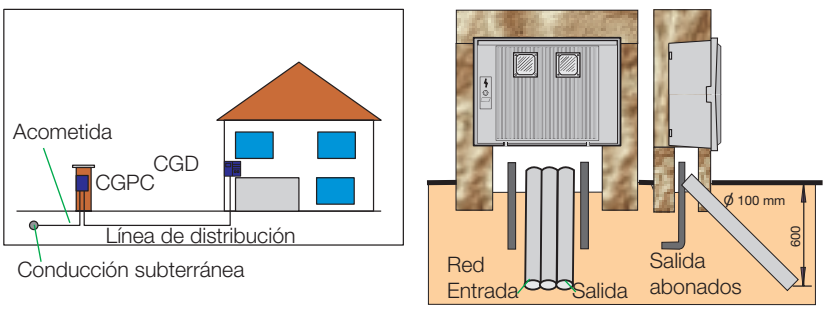


Fig. L6.3-139: *líneas subterráneas.*

En esta parte de la instalación utilizamos en realidad el doble aislamiento y la separación de las partes conductoras, como proteccion para evitar los choques eléctricos.

Protección por separación

Los conductores activos deben estar lo suficientemente alejados de los seres humanos y animales domésticos para que no sean accesibles a ellos y, en casos que en circunstancias especiales lo pudieran estar para personas cualificadas, deberán estar señalizados e indicada su peligrosidad.

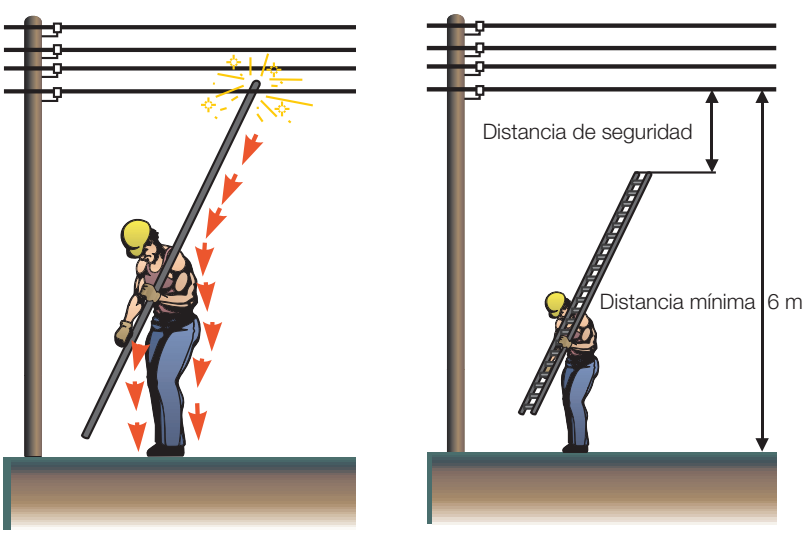


Fig. F6.3-140: *protección por separación.*

Protección por aislamiento Clase II doble aislamiento

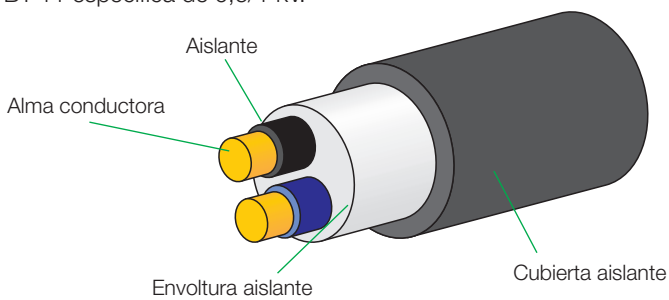
■ Los conductores:

□ Si son desnudos deberán protegerse por separación, manteniendo las distancias especificadas en el apartado 7.1.1. “Líneas aéreas, con conductores desnudos o aislados”, página F/171 del 1.er Volumen.

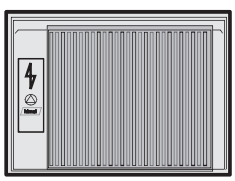
□ Si son conductores aislados las partes accesibles desde el suelo estarán protegidas por tubos capaces de soportar impactos de valor como mínimo 6 julios IK09.

ITC-BT-11-1-2-1

□ Los conductores aislados serán como mínimo de aislamiento (07) o (1) la ITC-BT-11 especifica de 0,6/1 kV.

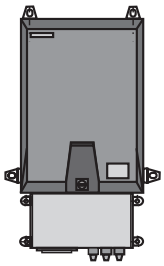


■ La caja general de protección CGP será de Clase II, doble aislamiento.



CGP

Empotrable

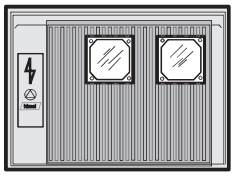


CGP

Exterior

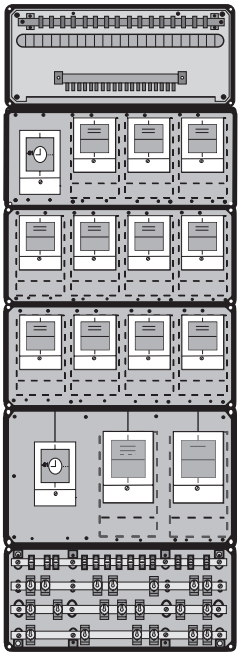
■ La caja de contaje CGM será de doble aislamiento tanto para las acometidas individuales como para las colectivas (centralización de contadores).

Caja de medición



Empotrable exterior

Centralización de contadores interior



L
6.3

ITC-BT-11-1-2-1

Las conducciones

Los tubos de protección de los conductores serán los correspondientes según las especificaciones de instalación del capítulo F, apartado 7, página F/159 del 1.er Volumen, pero en caso que exista un tramo al aire, al acceso de los transeúntes, éste deberá protegerse contra impactos hasta una altura del suelo de 2,5 m, con un tubo de características.

Características	Grado (canales)	Código (tubos)
Resistencia al impacto	Fuerte, 6 julios	4
Temperatura mínima de instalación y servicio	– 5 ºC	4
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 ºC	1
Propiedades eléctricas	Continuidad eléctrica/ aislante	1/2
Resistencia a la penetración de cuerpos sólidos	∅ ⩾ 1 mm	4
Resistencia a la corrosión (conductos metálicos)	Protección interior media Protección exterior alta	3
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	1

Tabla L6.3-141: *características de los tubos de protección de las acometidas.*

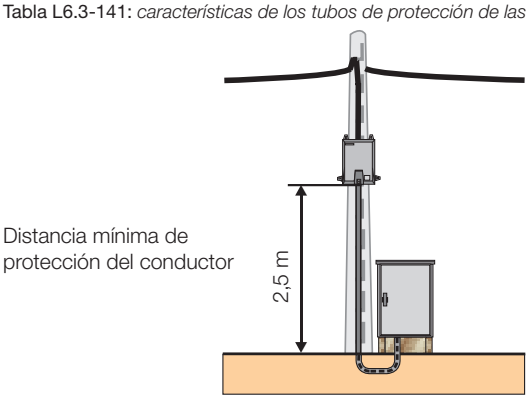


Fig. L6.3-142: *protección al impacto de las acometidas con tubos aislantes.*

■ Toda la parte de instalación con responsabilidad de la Cía. suministradora queda protegida por doble aislamiento:

□ Suministros individuales. □ Suministros múltiples.

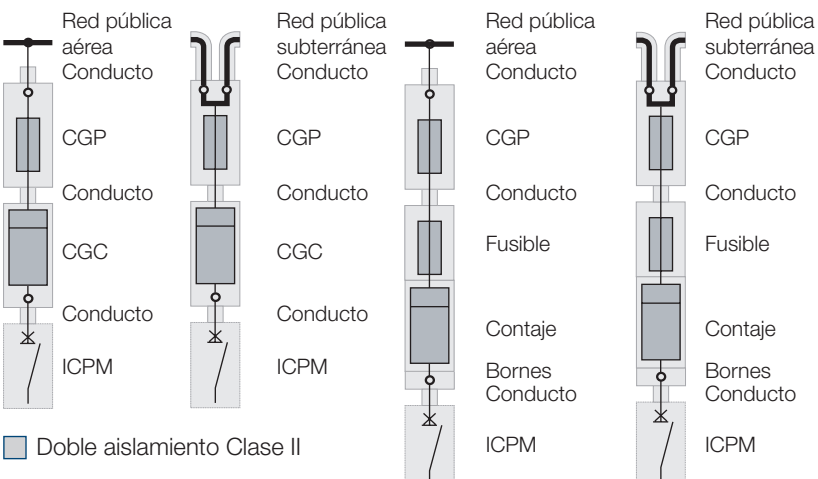


Fig. L6.3-143: *protección de doble aislamiento.*

■ Los elementos de doble aislamiento no deben estar conectados al circuito de protección (Tierra ⏚).
■ La envolvente del interruptor de control de potencia ICPM puede que no sea de doble aislamiento, en este caso debe conectarse al circuito de protección (Tierra t).
La parte de instalación de responsabilidad de la Cía. suministradora está, toda ella, precintada y es de exclusiva manipulación de personas cualificadas por la Cía. No obstante toda precaución es poca y es aconsejable que al abrir los cofres de doble aislamiento la protección interna disponga de un refuerzo equivalente a la letra (C) (protección al acceso a partes peligrosas de una herramienta de 2,5 mm^2 de Ø).
Esta protección se consigue con la instalación de cubrebornes en **todas las partes activas.**

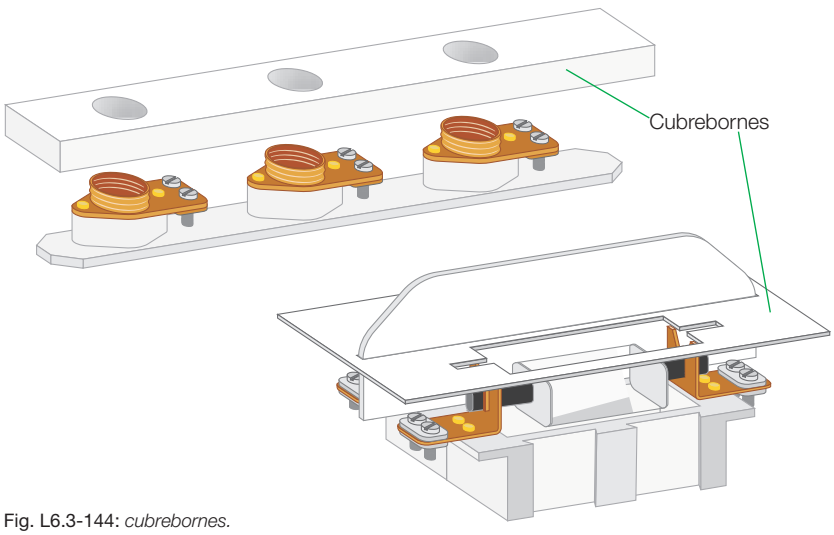


Fig. L6.3-144: *cubrebornes.*

Instalación de responsabilidad del abonado

Las instalaciones eléctricas de las viviendas cubren el espacio y la actividad propia en una vivienda, en la cual se presentan situaciones que afectan la resistencia eléctrica del cuerpo humano, en los niveles especificados en la Tabla F8-001 del 1.er Volumen, página F/336:

■ BB1 Seco Tensión de contacto 50 V.
■ BB2 Húmedo Tensión de contacto 25 V.
■ BB3 Mojado Tensión de contacto 12 V.

Zonas y circuitos en una electrificación básica

■ Zona seca (BB1), de conformidad a la ITC-BT-19.
C_1 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Fase + neutro + tierra ⏚.
■ Zona húmeda (BB2), de conformidad a la ITC-BT-30.
C_2 - Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Fase + neutro + tierra ⏚.

¡Atención! Las tomas de corriente de la cocina y los baños quedan ubicadas en el circuito C_5, por tanto solamente por el frigorífico, que generalmente se sitúa en la cocina, podemos interpretar que corresponde a una zona donde las personas pueden estar manipulando con las manos mojadas. De esta circunstancia deriva la clasificación de zona mojada, pero es una previsión de la ITC-BT-25.
C_3 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Fase + neutro + tierra ⏚.

C_4 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. Fase + neutro + tierra ⏚.

■ Zona mojada (BB3), de conformidad a la ITC-BT-27.

C_5 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina. Fase + neutro + tierra ⏚.

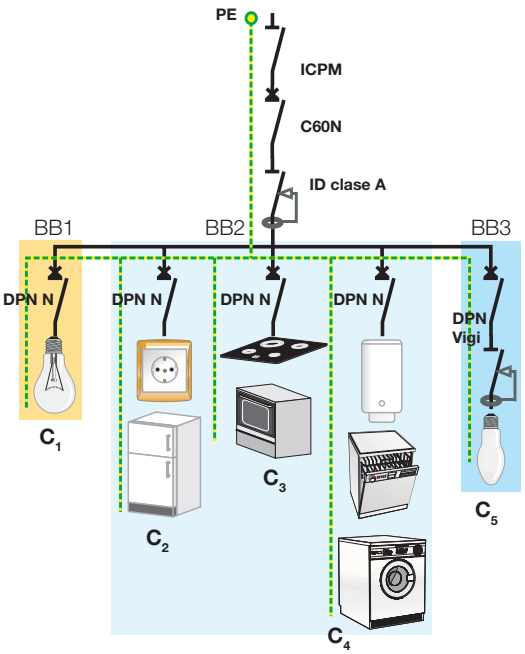


Fig. L6.3-145: *circuitos y zonas de una electrificación básica.*

ITC-BT-30-1

Zonas y circuitos en una electrificación elevada

■ Zona seca (BB1):

□ C_1 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_6 - Circuito adicional del tipo C_1, por cada 30 puntos de luz. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_7 - Circuito adicional del tipo C_2, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m^2. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_{11}- Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica y de seguridad, cuando existe previsión de éste. Fase + neutro + tierra ⏚.

ITC-BT-30-2

■ Zona húmeda (BB2):

□ C_2 - Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_3 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_4 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_{10} - Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente. Fase + neutro + tierra ⏚.

ITC-BT-27

■ Zona mojada (BB3):

□ C_5 - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares autorizadas. Fase + neutro + tierra ⏚.

□ C_{12} - Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares autorizadas. Fase + neutro + tierra ⏚.

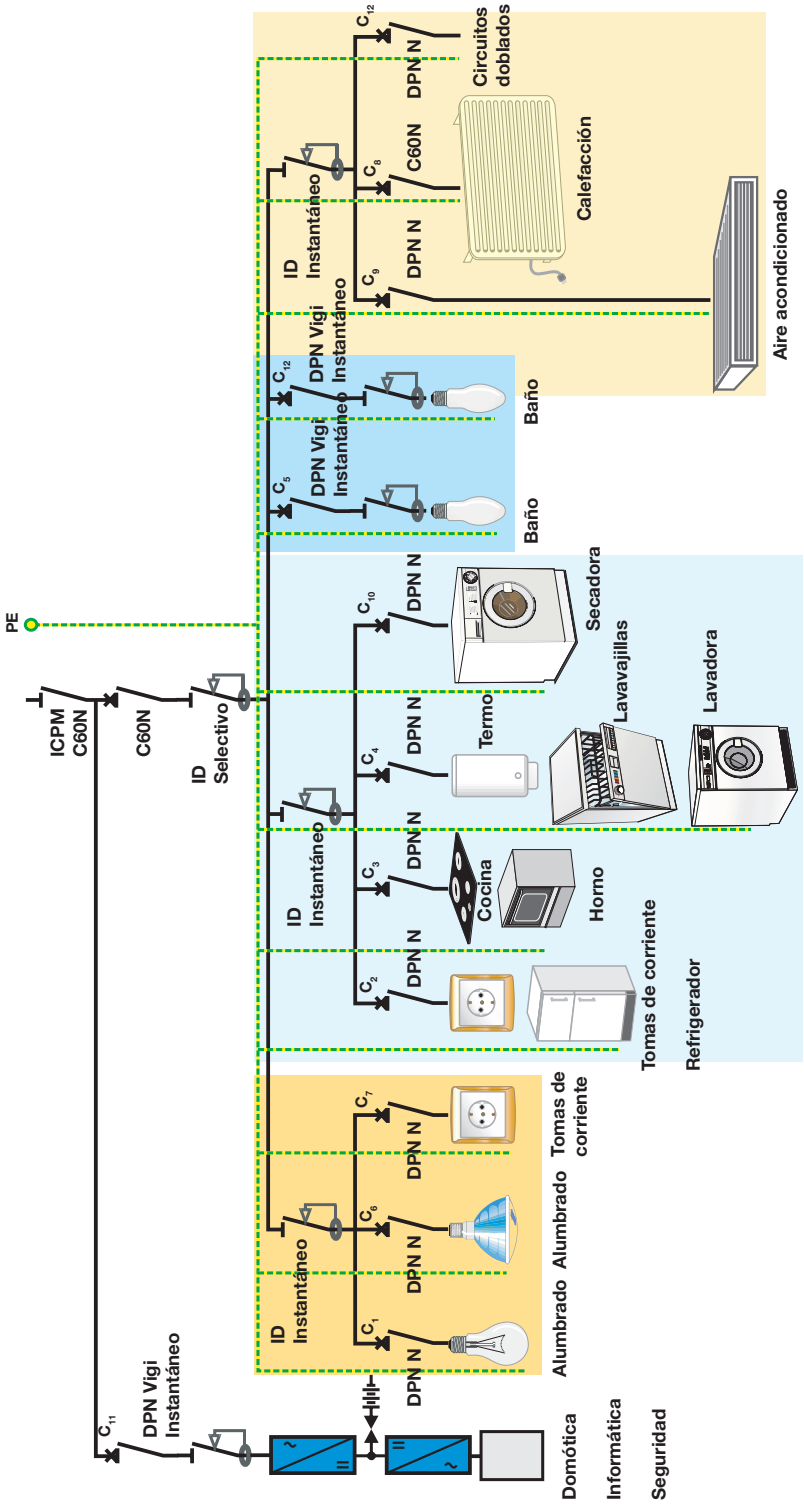


Fig. L6.3-146: *circuitos y zonas de una electrificación elevada.*

En la zona BB3, donde el cuerpo puede estar totalmente mojado (baño), la IEC, UNE y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, a través de la ITC-BT-27 Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha (ver el apartado 6.2. "Instalaciones eléctricas en zona con agua", página L/361), solamente permite instalar mecanismos en el volumen 3 a la tensión de 230 V protegidos con interruptores a corriente diferencial residual de 30 mA bajo los requisitos de la UNE 20469-4-4, o sea como zona BB3, y permite la colocación de mecanismos en los volúmenes 1 y 2 bajo las condiciones de circuitos a MBTS.

Resumen de las posibles ubicaciones en los diferentes volúmenes definidos en un baño

V	Grado de protección	Cableado	Mecanismos (2)	Otros aparatos fijos (3)
0	IPx/	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen.	No permitida.	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen.
1	IPx4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipo eléctrico de bañeras de hidromasaje y en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0 y 1.	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos de MBTS alimentados a una tensión nominal de 12 V de valor eficaz en CA, o de 30 V CC, estando la fuente de alimentación instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12 V CA o 30 V CC. Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de protección a corriente diferencial residual de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20460-4-41.
2	IPx4 IPx2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPx5, en los baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar paratos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha.	No permitida, con la excepción de interruptores o bases de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación esté instalada fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. Se permiten también la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 742 o UNE-EN 61558-2-5.	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, calefactores y unidades móviles para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo a corriente diferencial residual de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20460-4-41.
3	IPx5. en los baños comunes, cuando se puedan producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1, 2 y 3.	Se permiten las bases sólo si están protegidas bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un interruptor automático con dispositivo de protección a corriente diferencial residual de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20460-4-41.	Se permiten los aparatos sólo si están protegidos por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección a corriente diferencial residual de valor no superior a los 30 mA, todos ellos según los requisitos de la norma UNE 20460-4-41.

(1) Los baños comunes comprenden los baños que se encuentran en escuelas, fábricas, centros deportivos, etc., e incluyen todos los utilizados por el público en general.
(2) Los cordones aislantes de interruptores de tirador están permitidos en los volúmenes 1 y 2, siempre que cumplan con los requisitos de la norma UNE-EN 60669-1.
(3) Los calefactores bajo suelo pueden instalarse bajo cualquier volumen siempre y cuando debajo de estos volúmenes estén cubiertos por una malla metálica puesta a tierra o por una cubierta metálica conectada a una conexión equipotencial local suplementaria.

Tabla L6.3-147: *posibilidades de instalación en los volúmenes considerados en los baños según la ITC-BT-27.*

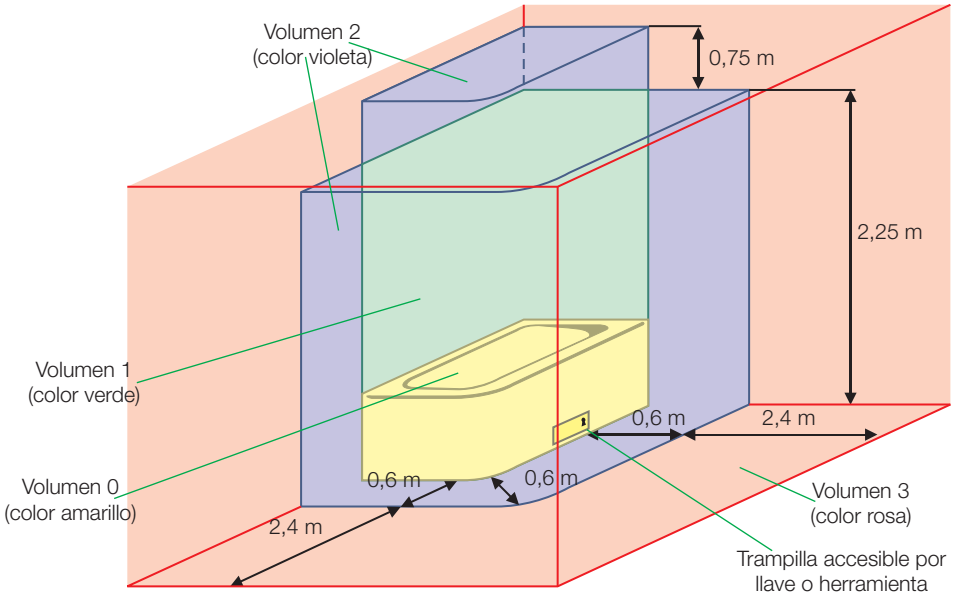


Fig. L6.3-148: *volúmenes de una bañera (ver apartado "Volúmenes y zonas de seguridad", página L/362).*

Cómo debemos realizar la protección contra los choques eléctricos en la zona de responsabilidad del abonado

En toda la zona no se puede realizar una protección con doble aislamiento, pues muchos de los utensilios no lo permiten. Por tanto utilizaremos un aislamiento básico para toda la instalación, como protección contra los contactos directos. Pero existe una zona que es el baño en el que en ciertos volúmenes (según la Tabla L6.3/147) sólo se permite la protección con MBTS 12 V en CA y 30 V en CC, y una protección contra los contactos indirectos por medio de la instalación de aparamenta de protección por desconexión de la alimentación.

L
6.3

Zona de protección a MBTS

Esta zona comprende

■ Los equipos fijos de hidromasaje que tiene contacto con el volumen 0.
■ Los equipos fijos del volumen 1 y los circuitos que deben tener un mecanismo en el volumen 1.

Alimentación

Está alimentada por el circuito C_5 y de él dependerá su alimentación:
■ En el apartado 2.1.1. "Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos", página L/12, encontraremos la filosofía de la instalación de las MBTS.

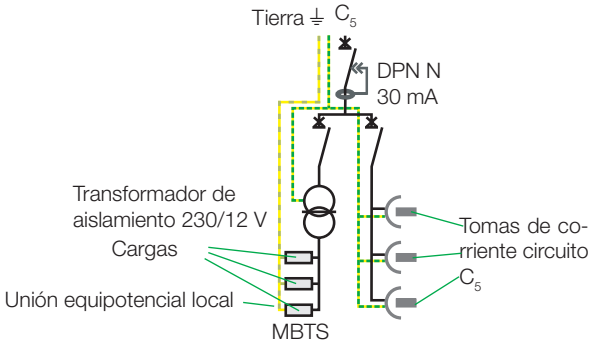


Fig. L6.3-149: *alimentación de un circuito de MBTS.*

■ Cuando se eligen protecciones con MBTS o con transformadores de separación con aislamiento equivalente, el ser humano sólo queda sometido a un choque eléctrico cuando el circuito queda cerrado entre dos conductores activos, puesto que la fuente que no dispone de puesta a tierra no llega a cerrar el circuito a través de ella y no pueden existir derivaciones, por tanto todas las protecciones contra los choque eléctricos se concentran en la protección de las partes activas para que no sean accesibles al cuerpo humano.
■ Si la protección es con MBTS con un máximo de 12 V CA, o 30 V CC, aislada, la diferencia de potencial no es suficiente para proporcionar una circulación de intensidad en el cuerpo humano, capaz de provocarle la fibrilación ventricular, pero desconocemos si puede crear en el tiempo otras alteraciones.

Configuración

Debemos tener presentes dos puntos básicos:
■ La calidad del transformador que ha de ser conforme a las prescripciones de fabricación correspondientes a la norma UNE.
■ La red equipotencial local para la zona del circuito:
□ Todas las masas metálicas y elementos conductores susceptibles de quedarse bajo tensión por cualquier concepto circunstancial, deben estar unidas en una propia red de equipotencialidad, que debe conectarse al borne principal de toma de tierra.
□ Masas.

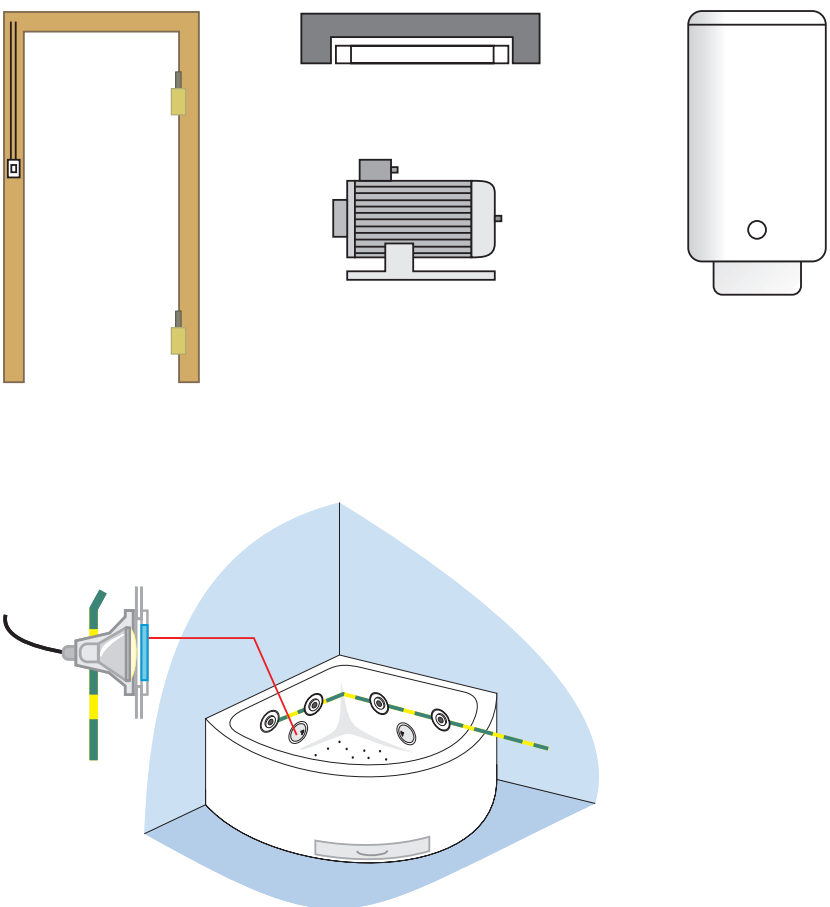


Fig. L6.3-150: *masas a conectar a la red equipotencial complementaria.*

□ Elementos conductores.

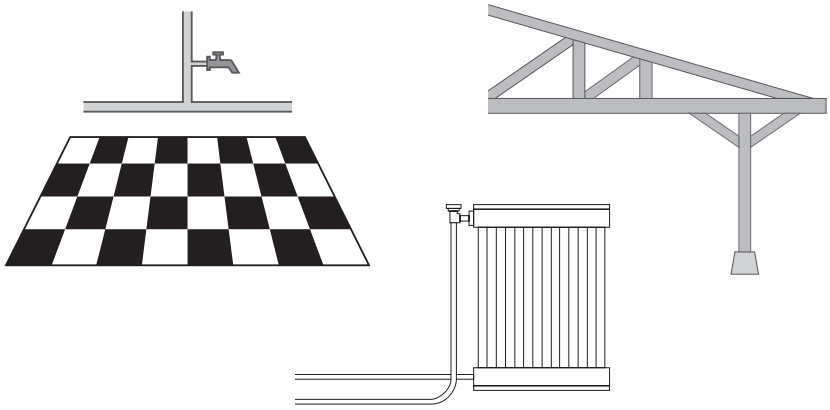


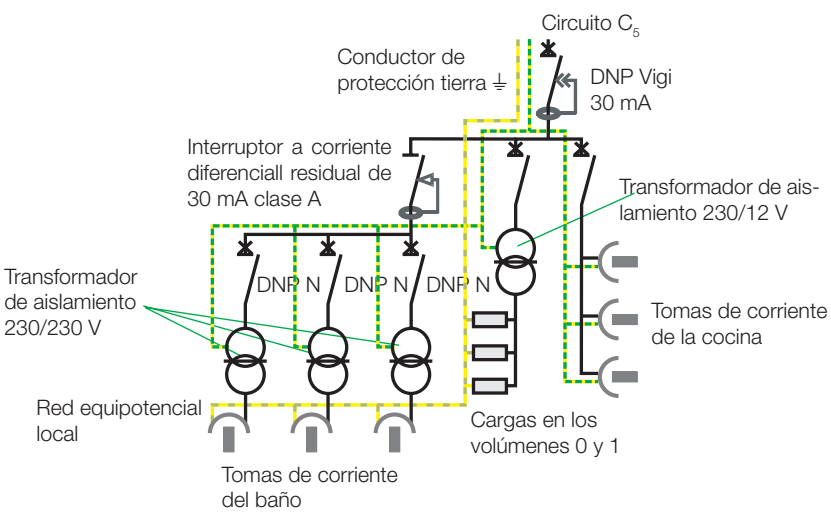
Fig. L6.3-151: *elementos conductores a conectar a la red equipotencial complementaria.*

■ Actualmente en la construcción de viviendas sus espacios son muy reducidos y en los servicios y baños el cuerpo humano tiene acesibilidad desde un punto a casi todo el espacio.

■ De otra parte la mayoría de los utensilios que se utilizan normalmente en un aseo: secadores, afeitadoras, cepillos eléctricos para la boca, depiladoras..., tienen una alimentación a 230 V, aunque en su interior dispongan de transformaciones a tensiones más reducidas.

Para todos estos elementos portátiles es posible situar su base de toma de corriente en el volumen 3, protegidos de forma que la tensión de contacto permanente no sea superior a los 12 V correspondientes a una situación BB3.

■ En el territorio español realizar tomas de tierra para garantizar una tensión de contacto permanente de 12 V (BB3), es muy costoso y a veces imposible. Pero tenemos una alternativa: situar un transformador de separación 230 V/230 V para cada toma de corriente en el volumen 3, estando la alimentación del primario fuera del alcance de la mano y alimentando el primario con una red protegida con un interruptor a corriente diferencial residual de alta sensibilidad, con una tierra capaz de garantizar las condiciones del nivel BB2 25 V de tensión de contacto permanente y una red de equipotencialidad local para las cargas del secundario.



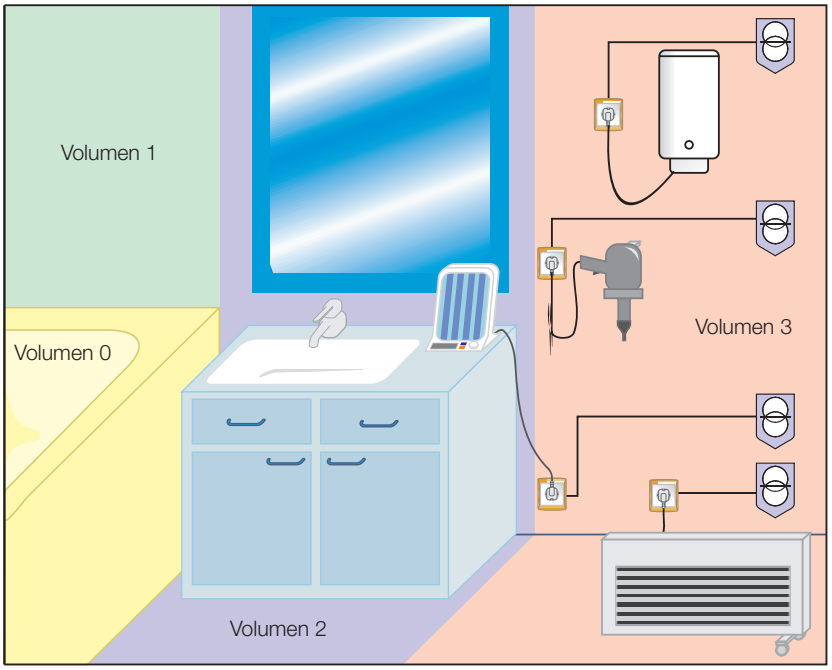


Fig. L6.3-152: *protección por transformadores de aislamiento en los volúmenes 2 y 3.*

Protecciones contra los contactos indirectos

Nos basaremos en el corte automático de la alimentación, en el régimen de neutro más utilizado en el estado español, el régimen TT. Esta protección se basa en la desconexión de la alimentación en el momento de producirse un fallo, en un tiempo lo suficientemente corto para que no pueda producir ningún efecto irreversible a un ser humano o doméstico o ningún efecto grave a la propiedad.

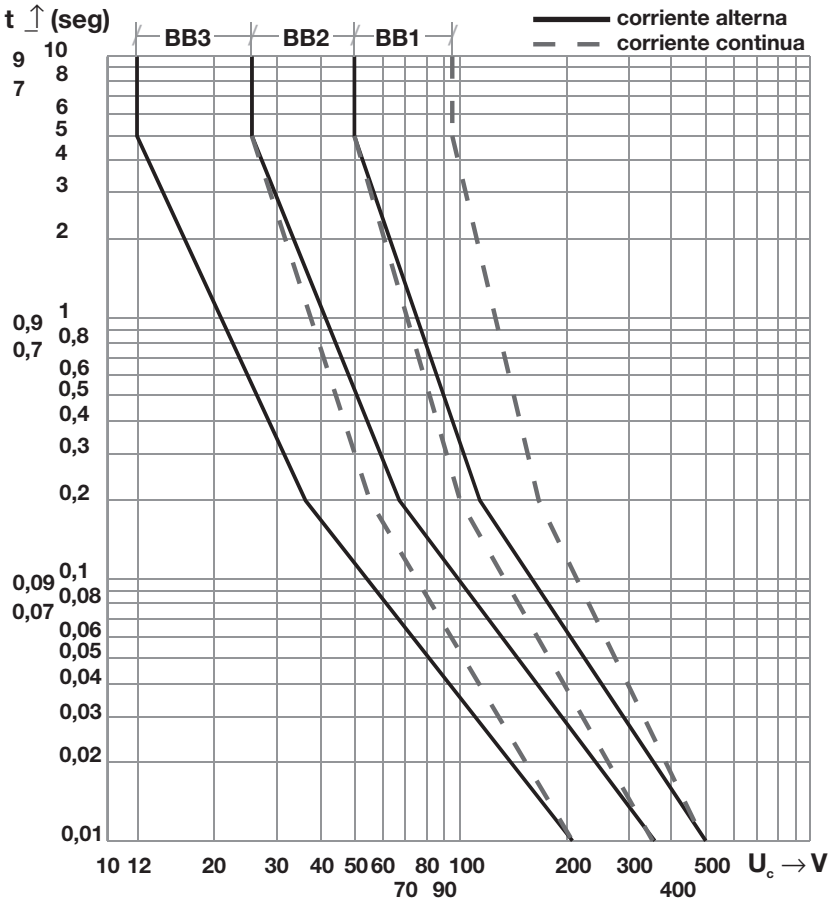
El sistema nos relaciona dos parámetros importantes

- La intensidad del defecto.
- El tiempo en que se mantiene el defecto.
- La intensidad de defecto será función de la resistencia que exista entre el defecto en sí (R_d) y el conductor activo afectado; más la resistencia del circuito desde la masa afectada y el punto neutro del transformador, o sea el circuito de puesta a tierra (R_A+R_B). En el caso más desfavorable de un cortocircuito franco, conductor activo masa, el valor de la resistencia de contacto de fuga (R_d) es despreciable (→ 0), por tanto solamente deberemos considerar la resistencia del circuito de tierra.
- El tiempo de desconexión viene determinado por la rapidez del interruptor a corriente diferencial residual a instalar, a desconectar el circuito.

El interruptor a corriente diferencial puede ser: instantáneo o retardado.
Para los instantáneos debemos tener en consideración que a mayor intensidad de fuga su velocidad de respuesta se incrementa y el tiempo de duración del defecto es menor ver Tabla G3-011, página G/68, del 2.º Volumen).

En el apartado 3.2 "Medidas de protección por corte automático de la alimentación", página GI59 del 2.º Volumen, se encuentra la información necesaria para calcular y dimensionar la protección.
En el apartado "Protección contra los contactos indirectos", página GI53 del 2.º Volumen, se encuentra la tabla que relaciona la

tensión de contacto (Uc) y el tiempo que esta tensión puede estar en contacto con el ser humano sin producirle ninguna lesión irreversible, en función de la resistencia del cuerpo humano por causas ambientales (seco BB1, húmedo BB2 y mojado BB3).



En la ITC-BT-24 "Protección contra los contactos directos e indirectos" y la ITC-BT-36 "Instalaciones a muy baja tensión" se encuentran las prescripciones normativas.
En el apartado 2.1. "Las medidas de protección contra los choques eléctricos", página L/11, se encuentra el espíritu de la normativa.
Atendiendo a todas estas disposiciones se desarrolla un proceso simplificado de determinación de la protección contra contactos indirectos para un régimen TT.

Determinación de las protecciones en el ejemplo de instalación básica

■ En la tabla L6.3-021, página L/487, podemos observar que las cargas utilizables en el baño son los electrodomésticos portátiles, cuyas bases de toma de corriente están emplazadas en la zona 3. A ellos les corresponde una situación del cuerpo humano de mojado BB3. En esta situación la tensión de contacto permanente apropiada para no producir lesiones irreversibles es de 12 V.

■ En la descripción de la instalación básica observamos que en el baño se ha previsto una instalación a MBTS de 12 V en el alumbrado y transformadores de aislamiento para las tomas de corriente, y que la caja con los transformadores de seguridad se

sitúa en el vestidor, donde le corresponde una situación ambiental del cuerpo humano de BB2, tensión de contacto permanente de 25 V.
Al mantener las únicas posibilidades de contacto accidental a una tensión aislada del punto neutro del transformador de alimentación (sin posibilidad de creación del cierre de un circuito), en las tomas de corriente y de una tensión a MBTS (12 V) en el alumbrado, no quedan partes activas que puedan dañar al cuerpo humano. Pero sí que debemos proteger los primarios de los transformadores de aislamiento y de MBTS contra los contactos directos; con una envolvente resistente al ambiente y a los indirectos con un interruptor a corriente diferencial residual de como mínimo 30 mA, y una puesta a tierra que permita que las posibles tensiones de contacto, que el interruptor a corriente diferencial residual deba desconectar de la red de alimentación, pueda realizarlo en un tiempo inferior al de los efectos que podría causar, una fuga equivalente a una tensión de contacto permanente de 25 V.

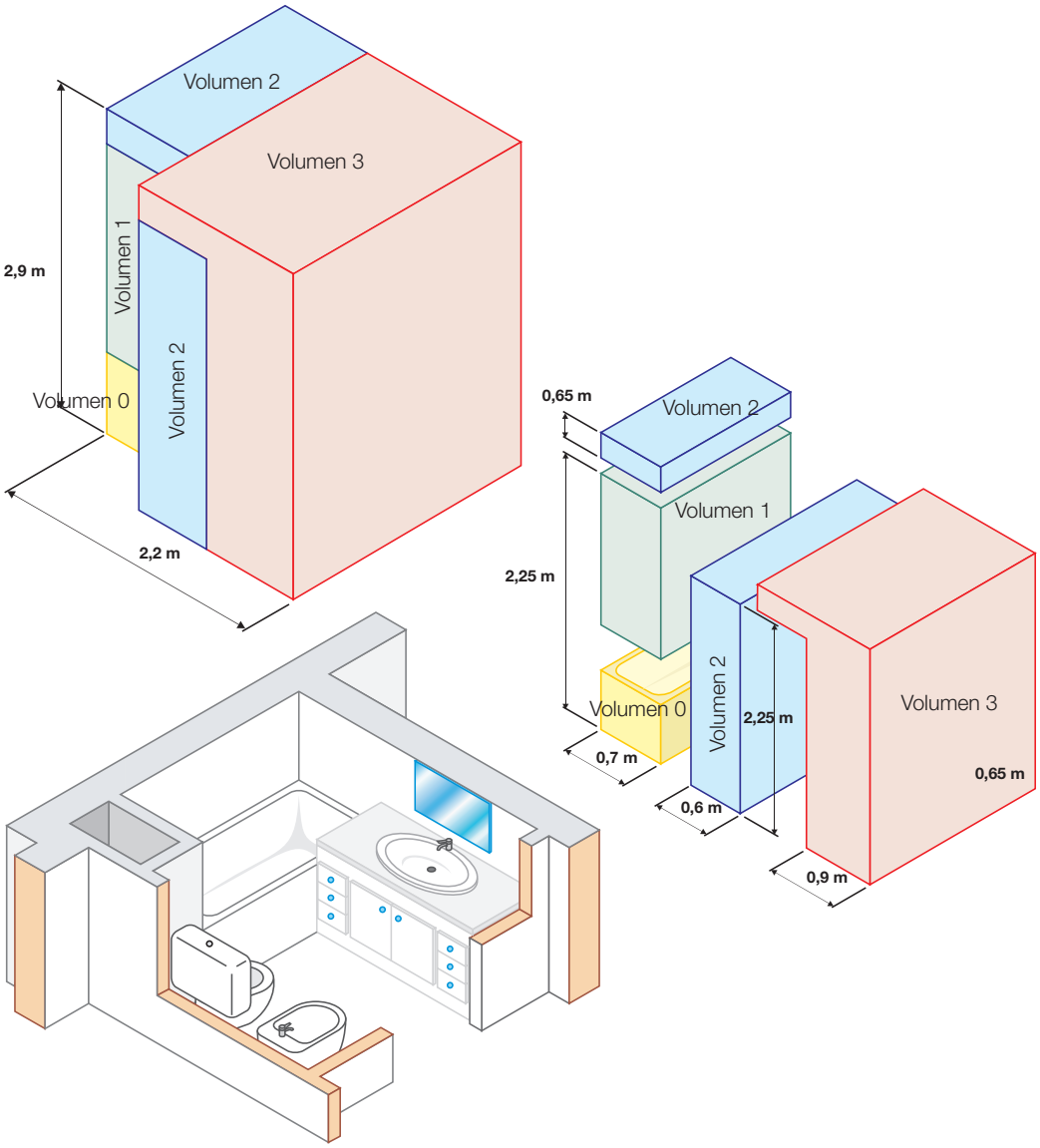


Fig. L6.3-153: *volúmenes definidos en el baño.*

Los circuitos implicados en una protección ambiental del cuerpo humano de BB2 son: el de alumbrado C_1, el de las tomas de corriente C_2, el de la cocina C_3, el de la lavadora y termo C_4, el de las tomas de corriente específicas C_5 y la detección de gas en la C_{11A}. En realidad todos los circuitos tienen cargas en situaciones ambientales en zona BB2 que es la más débil de las situaciones ambientales que deben proteger, por tanto realizaremos el cálculo de las protecciones en esta perspectiva de una tensión de contacto U permanente máxima de 25 V.

Esquema del circuito

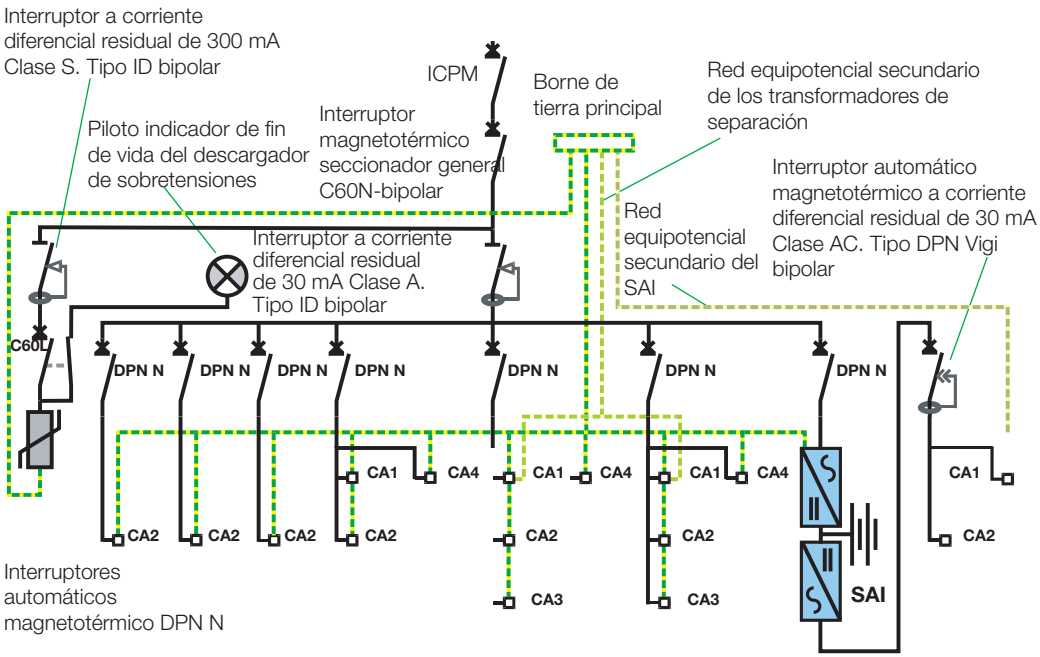


Fig. L6.3-154: *esquema del circuito general de una electrificación básica.*

La resistencia del circuito de tierra

La resistencia de la puesta a tierra del punto neutro del transformador R_B, en el centro de transformación, la resistencia de puesta a tierra del edificio R_A, la resistencia del montante de puesta a tierra hasta el último piso $R_{LT,}$ y la resistencia del conductor de puesta a tierra del punto más alejado de la vivienda R_2. Forman una serie de resistencias que deberemos definir. La que presenta un proceso más laborioso es la de la puesta a tierra del edificio para poder mantener las protecciones adecuadas:

■ La resistencia R_B, la Cía suministradora nos ha indicado que es de un valor de 10 Ω.

■ La resistencia del montante de la escalera R_{LT} corresponde a un conductor de 35 mm² de cobre y de una longitud de 35 m:

$$R_{LT} = \varphi \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{35\ m}{35\ mm^2} = 0{,}0179\ \Omega$$

■ La resistencia del trozo de conductor hasta el punto más alejado corresponde al de la terraza, con conductor de 2,5 mm² y una longitud de 7 m:

$$R_2 = \varphi \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{7\ m}{2{,}5\ mm^2} = 0{,}05\ \Omega$$

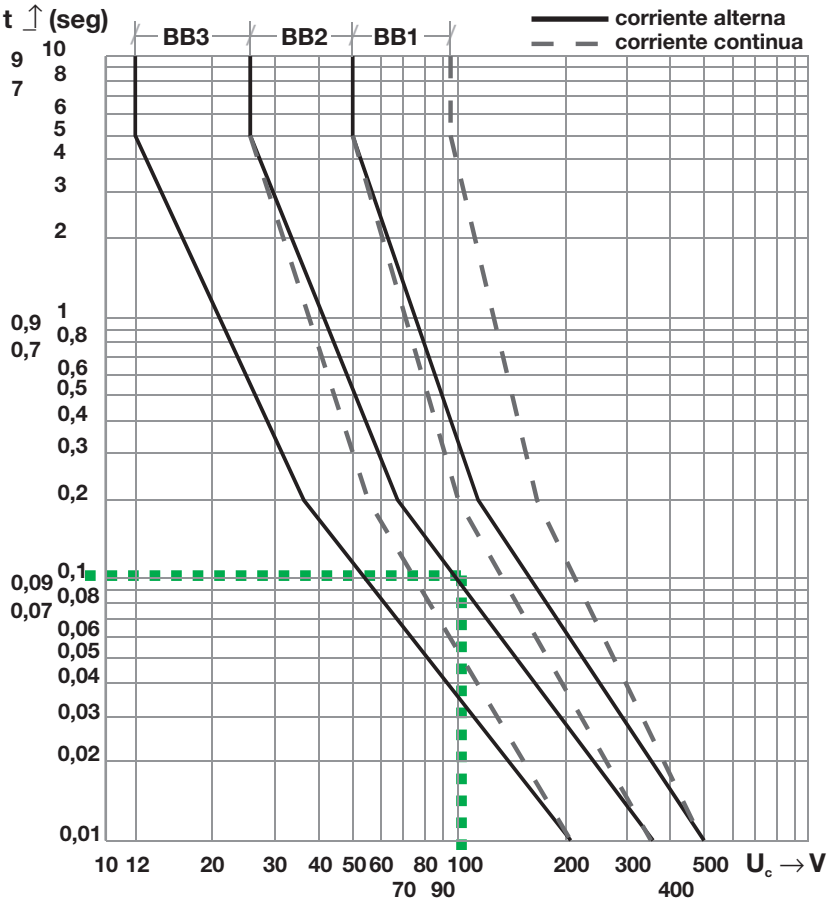
■ La resistencia total de la puesta a tierra será:

$R_T = \Sigma (R_{LT} + R_2 + R_S) + R_A = 0{,}0179\ \Omega + 0{,}05\ \Omega + 10\ \Omega = 10{,}0679\ \Omega + R_A$

■ Nos falta conocer la resistencia de la puesta a tierra del edificio (R_A) que cumpla con las condiciones de seguridad deseadas.

■ El interruptor a corriente diferencial residual previsto es un aparato instantáneo de 30 mA. Según la norma UNE-EN 61008-1, página G/64 del 2.º Volumen, para una corriente de fuga 2 veces la nominal (0,06 mA) ha de desconectar antes de 0,5 s, y para 5 veces la nominal (0,15 mA) ha de desconectar en menos de 0,04 s.

■ Consideremos que la intensidad de fuga será entre 2 y 5 veces la nominal y si fijamos un tiempo de 0,1 s como máximo tendremos que en la tabla de relación tiempo tensiones que puede soportar el cuerpo humano en un estado BB2 la tensión de contacto máxima es de:



□ Para un tiempo de 0,1 s a una situación del cuerpo humano BB2 le corresponden 100 V, o sea que el cuerpo humano puede soportar 100 V durante 0,1 s en una situación ambiental BB2.

■ El circuito de la corriente de fuga prevista es de una fase a la carcasa de una carga y de la puesta a tierra de la carga hasta la tierra del edificio, de ésta a la tierra del punto neutro del transformador del centro de distribución (CT) y de ésta al punto neutro.

■ La diferencia de potencial entre la carcasa y el suelo (U_c) es la tensión de contacto que puede derivar una parte de la intensidad de fuga por el ser humano, de forma inversamente proporcional a la resistencia del cuerpo humano en su estado ambiental y la resistencia de puesta a tierra de la carcasa ($R_A + R_{LT} + R_2$).

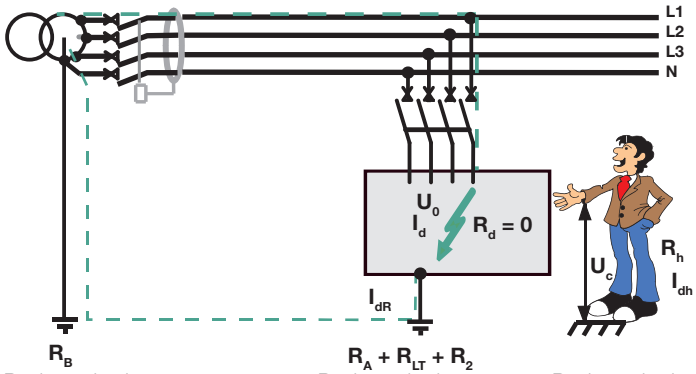


Fig. L6.3-155: *circuito de la corriente de fuga.*

■ La intensidad de fuga será igual a: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_2 + R_3 + R_B} = \frac{U_0}{R_A + 10{,}0679\ \Omega}$.

■ La tensión de contacto será igual a:

$U_c = I_d \cdot (R_A + R_2 + R_3 + R_B) = I_d \cdot (R_A + 10{,}0679\ \Omega)$

$$U_C = \left(\frac{U_0}{R_A + 10{,}0679\ \Omega}\right) \cdot (R_A + 10{,}0679\ \Omega) = U_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{10{,}0679\ \Omega}{R_A}}.$$

■ Pero sabemos que por el tipo de protección que hemos considerado la tensión de contacto máxima que podemos soportar por un tiempo de 0,1 s es de 100 V, por tanto la resistencia de puesta a tierra máxima para mantener las condiciones será:

$$R_A = \frac{10{,}0679\ \Omega}{\frac{U_0}{U_C} - 1} = \frac{10{,}0679\ \Omega}{\frac{230\ V}{100\ V} - 1} = \frac{10{,}0679\ \Omega}{1{,}3} = 7{,}744\ \Omega.$$

■ En el apartado F5. “La realización y medida de la puestas a tierra”, página F/87 del 1.er Volumen, encontraremos la forma de medir el terreno y configuraciones para obtener la resistencia de puesta a tierra deseada.

■ La medición de la resistividad media del terreno, medida en la época seca del año, en el lugar de la instalación nos da 250 Ω/m.

■ En la tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, encontraremos una estructura de puesta a tierra predeterminada. Para determinarla debemos primero calcular el coeficiente K_r.

■ El coeficiente K_r de la tabla corresponde al valor de la resistencia partido por la resistividad del terreno: $K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{7{,}744\ \Omega}{250\ \Omega/m} = 0{,}0309781$

■ En la tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, podemos apreciar el coeficiente $K_r = 0{,}0305$ que corresponde a una configuración lineal, a 0,8 m de profundidad del nivel del suelo, con ocho piquetas de 4 m de longitud clavadas en el terreno y a una distancia de seis metros cada una, cuya referencia es 8/84.

■ Esta configuración nos daría una resistencia de:

$R_A = \rho \cdot K_r = 250\ \Omega/m \cdot 0{,}0305 = 7{,}625\ \Omega < 7{,}744\ \Omega$ menor que la máxima necesaria por cálculo.

■ Hasta el momento hemos definido toda la línea de puesta a tierra hasta el punto más alejado.

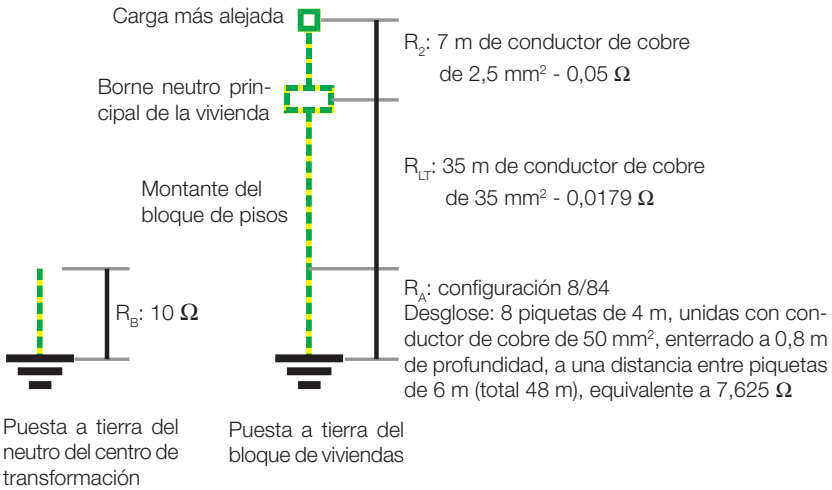


Fig. L6.3-156: *resistencia del circuito de puesta a tierra.*

■ Pero la hemos definido partiendo de unos supuestos: que la intensidad de fuga que se produciría sería del orden de 2 a 5 veces la intensidad de fuga nominal del interruptor a corriente diferencial residual, y que por construcción, en estas circunstancias, desconectaría en menos de 100 ms. Por tanto nos corresponde realizar la comprobación:

□ Resistencia total = $R_A + R_{LT} + R_2 + R_B = 7{,}625 + 0{,}0179 + 0{,}05 + 10 = 17{,}6929\ \Omega$.

□ Intensidad de fuga: $I_d = \frac{U_0}{R_T} = \frac{230\ V}{17{,}6929\ \Omega} = 12{,}999\ A$.

□ La intensidad de fuga con respecto a la intensidad de fuga del interruptor a corriente diferencial residual de 30 mA representa:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{12{,}999\ A}{0{,}03\ A} = 433{,}31 \text{ veces.}$$

Este valor supera las 5 veces de la intensidad de fuga nominal del interruptor a corriente diferencial residual y por tanto podemos asegurar que desconectará en 0,04 s.

■ La tabla G1-015, página G/40 del 2.° Volumen, que hemos utilizado, en la que se relacionan las tensiones de contacto y los tiempos de actuación máxima, es una extrapolación de las tablas de la IEC o UNE que relacionan la intensidad de paso a través del cuerpo humano, el tiempo de duración y los efectos sobre el cuerpo humano.

Determinar, en las peores condiciones previsibles, la intensidad de la corriente de fuga (I_d) que circularía por una persona que accidentalmente estuviera en contacto con la carcasa afectada por la fuga

Si nos atenemos a la imagen de la Fig. L6.3-155, tendríamos que la intensidad de fuga (I_d) se deriva en dos, la que circula por la toma de tierra (I_{dR}) y la que podría circular por el cuerpo de la persona que está en contacto (I_{dh}).

La resistencia de la parte de circuito que circulará la I_{dR}, corresponde a la suma de las resistencias $\Sigma R = (R_2 + R_{LT} + R_A)$.

La resistencia del cuerpo humano es la propia en función del ambiente más la de la indumentaria que se interponga más la de contacto a tierra, pero la IEC recomienda despreciar toda la indumentaria y la de contacto a tierra y considerar un valor de 1.000 Ω para la resistencia del cuerpo humano.

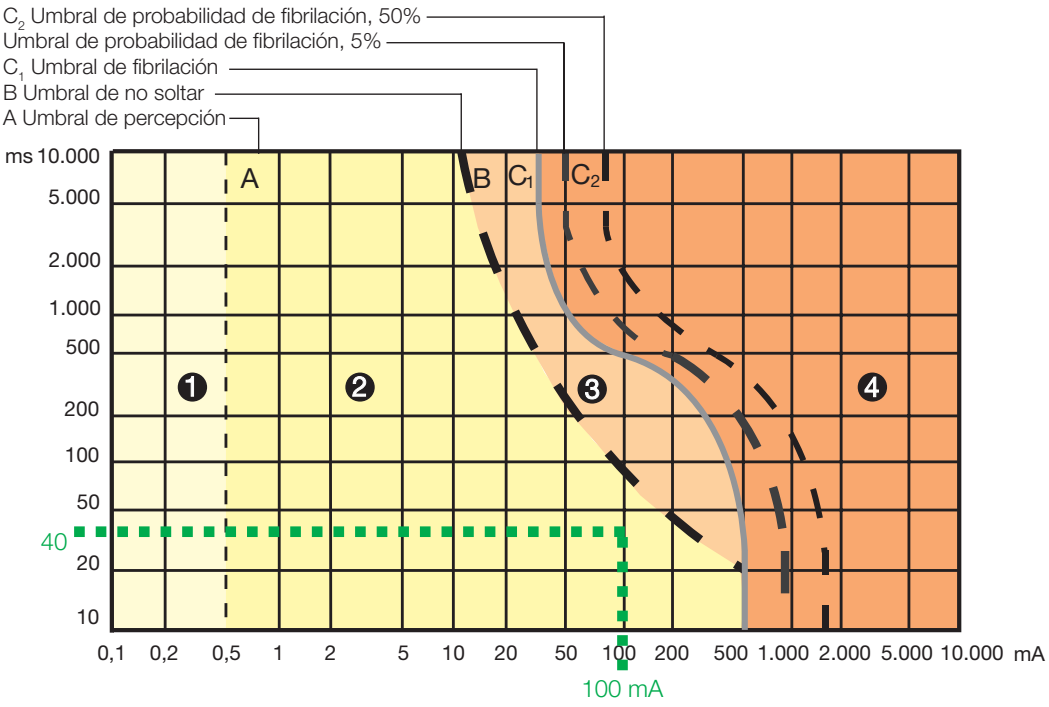
■ Bajo las condiciones del ejemplo tendremos:

□ I_d = 12,999 A.

□ $\Sigma R = (R_2 + R_{LT} + R_A) = 0{,}05 + 0{,}0179 + 7{,}625 = 7{,}6929\ \Omega$.

□ $R_h = 1.000\ \Omega$.

□ $I_{dh} = \dfrac{I_d}{\frac{R_h}{\Sigma R} + 1} = \dfrac{12{,}999\ A}{\frac{1.000\ \Omega}{7.6929\ \Omega} + 1} = 0{,}0992\ A \approx 0{,}1\ A$.

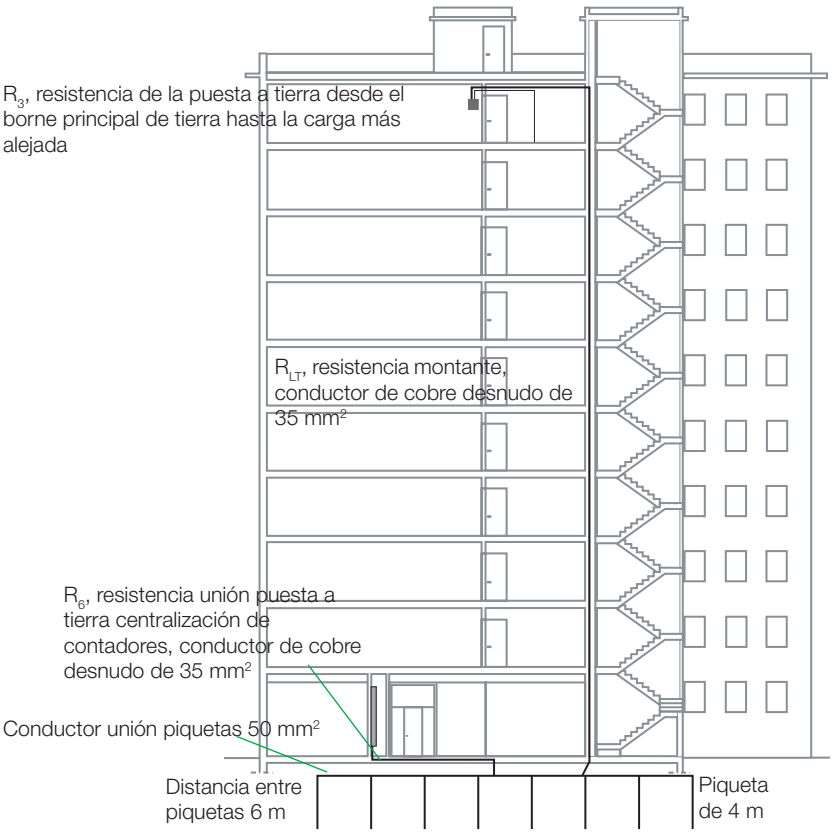


Ver apartado 1.1. “Choques eléctricos”, página G1/31 del 1.er Volumen.

En el capítulo G se ha pretendido dar mucha preponderancia didáctica a la situación ambiental en que se encuentran las personas que utilizan las instalaciones eléctricas.
El nuevo reglamento electrotécnico ya especifica instalaciones en ambiente húmedos y mojados y toda una instrucción dedicada a las instalaciones en baños o duchas, donde el cuerpo humano esta totalmente mojado.
En el apartado “Cálculo de las protecciones contra los choques eléctricos de un bloque de viviendas y locales comerciales”, página G\|248 del 2.° Volumen, se ha realizado el cálculo de la protección contra los choques eléctricos sin considerar la utilización de tensiones de MBTS en el baño, por tanto el nivel de protección corresponde a una tensión de contacto permanente de 12 V en vez de 25 V, al cubrir la protección en zonas BB3 con MBTS y transformadores individuales de aislamiento se ha reducido la inversión en puestas a tierra.
La estructura de la puesta a tierra en dicha alternativa era de cuatro configuraciones R40-40\|5\|88 que representa una inversión más elevada que la solución utilizada con una sola configuración 8\|84 y los cinco transformadores de aislamiento para los circuitos a MBTS y transformadores de aislamiento.

La intención de presentar estas dos soluciones queda limitada a la reflexión didáctica que representa en cada instalación la posibilidad de diferentes soluciones y diferentes inversiones.

El circuito de tierra



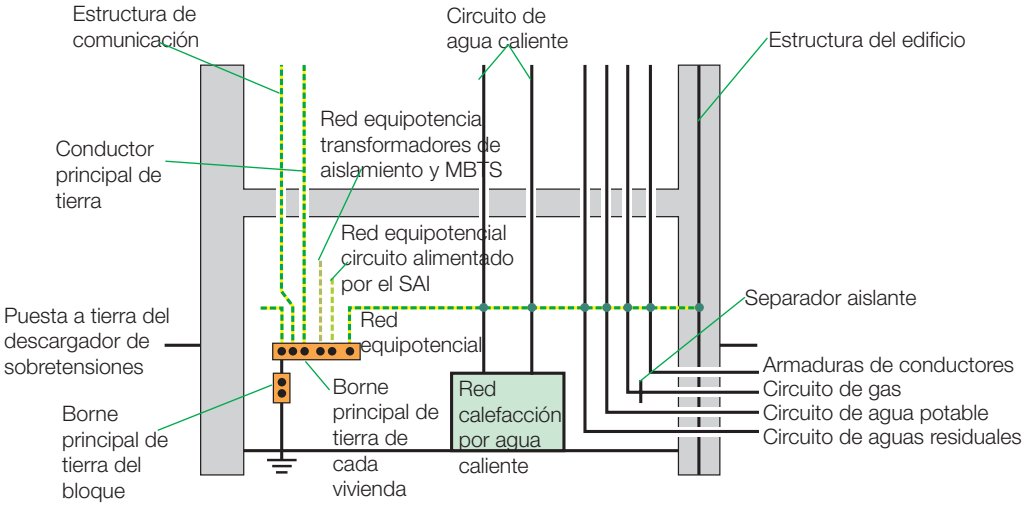


Fig. L6.3-157: *circuito de puesta a tierra.*

Determinación de las protecciones en el ejemplo de electrificación elevada

■ En la tabla L6.3-059, página siguiente, podemos observar que las cargas utilizables en en el baño son los electrodomésticos portátiles, cuyas bases de toma de corriente están emplazadas en la Volumen 3. A ellos les corresponde una situación del cuerpo humano BB3. En esta situación la tensión de contacto permanente apropiada para no producir lesiones irreversibles es de 12 V.

■ En la descripción de la instalación observamos que en el baño se ha previsto una instalación a MBTS de 12 V en el alumbrado y transformadores de aislamiento para las tomas de corriente fuera del alcance de la mano.

Al mantener las únicas posibilidades de contacto accidental a una tensión aislada del punto neutro del transformador de alimentación (sin posibilidad de creación del cierre de un circuito), en las tomas de corriente y de una tensión a MBTS (12 V) en el alumbrado, no quedan partes activas que puedan dañar al cuerpo humano. Pero sí que debemos proteger los primarios de los transformadores de aislamiento y de MBTS contra los contactos directos con una envolvente resistente al ambiente y a los contactos indirectos con un interruptor a corriente diferencial residual de 30 mA y una puesta a tierra que permita que las posibles tensiones de contacto, el interruptor a corriente diferencial residual deba desconectar de la red de alimentación, pueda realizarlo en un tiempo inferior al de los efectos que podría causar una fuga equivalente a una tensión de contacto permanente de 25 V.

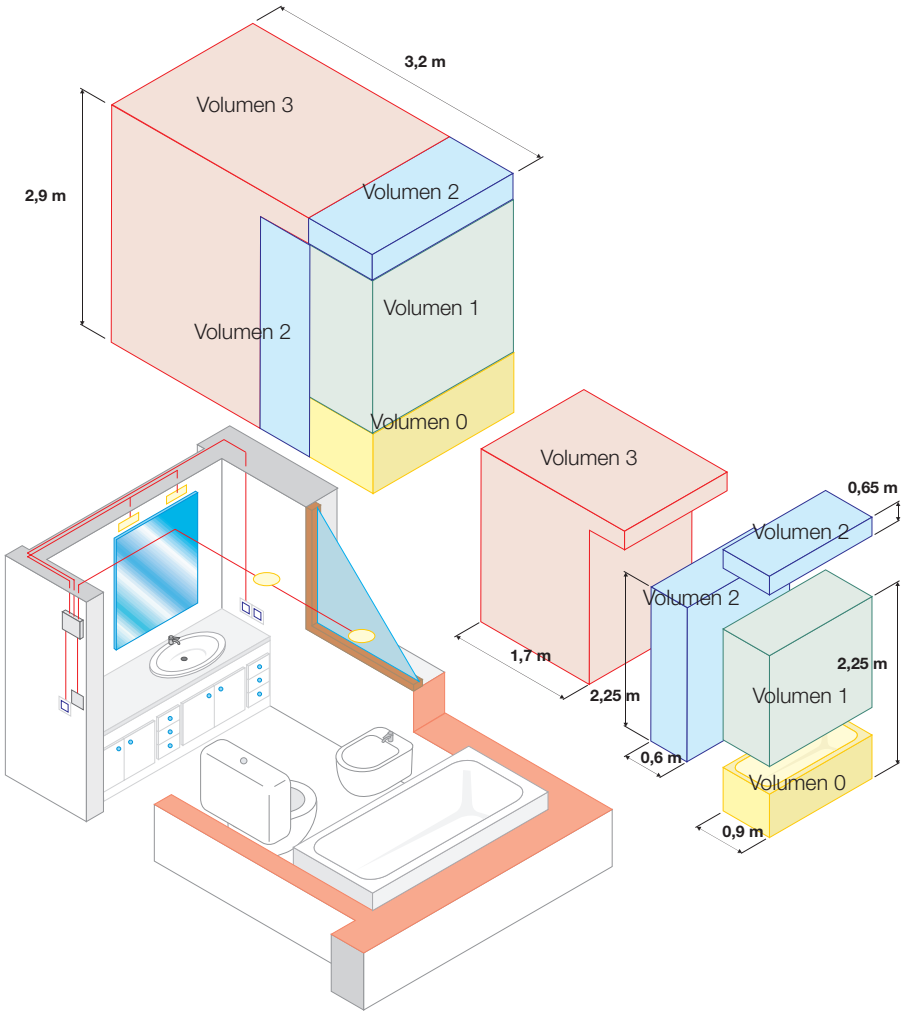


Fig. F6.3-158: *volúmenes definidos en el baño.*

Esquema del circuito

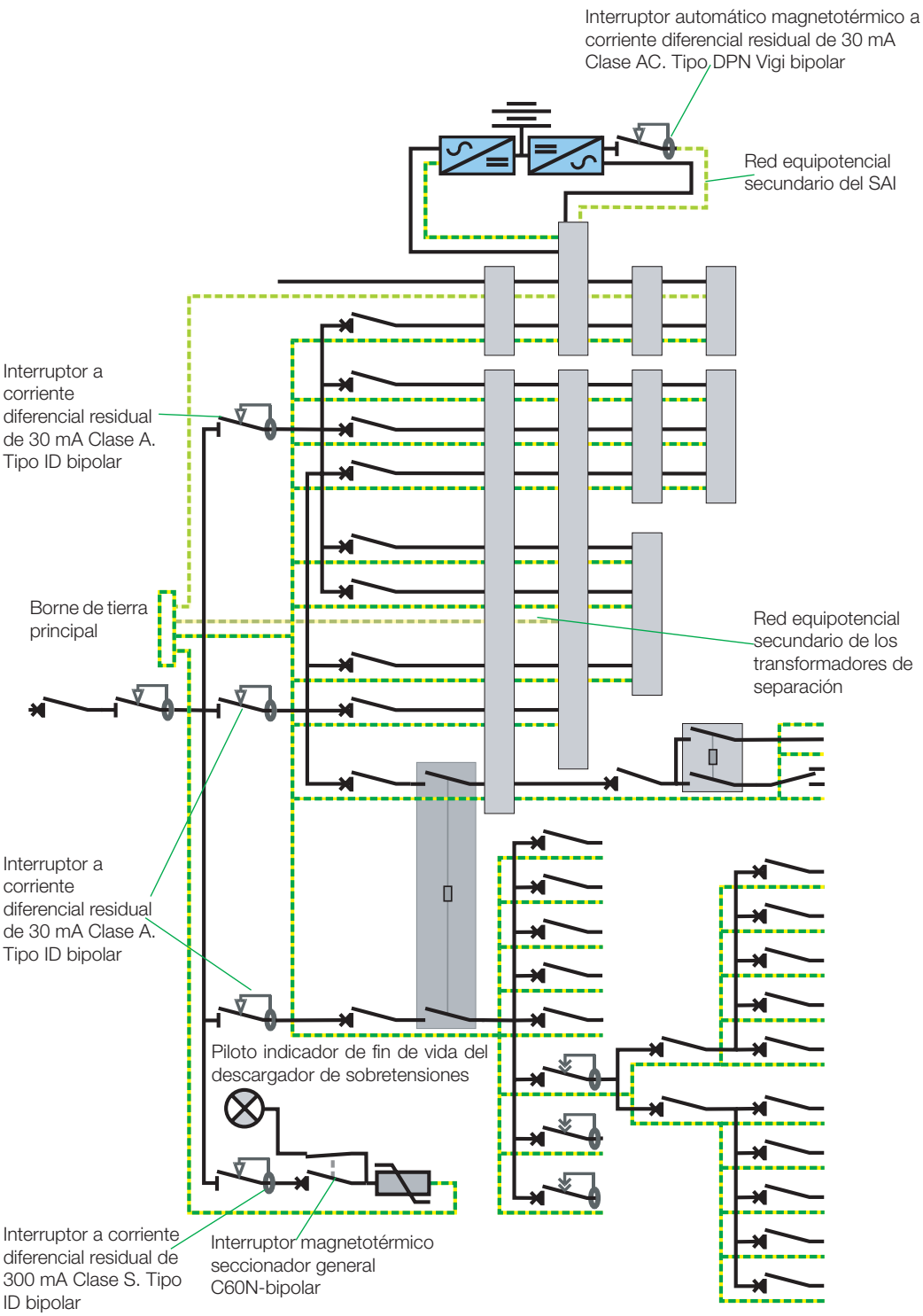


Fig. L6.3-159: *esquema del circuito general de una electrificación básica.*

Los circuitos implicados en una protección ambiental del cuerpo humano de BB2 son: el de alumbrado C_1 y C_6, el de las tomas de corriente C_2 y C_7, el de la cocina C_3, el de la lavadora y termo C_4, el de las tomas de corriente específicas C_5 y C_{12}. En realidad todos los circuitos tienen cargas en situaciones ambientales BB2 que es la más débil de las situaciones ambientales, por tanto realizaremos el cálculo de las protecciones en esta perspectiva de una tensión de contacto U permanente máxima de 25 V.

La resistencia del circuito de tierra (Fig. L6.3-160)

La resistencia de la puesta a tierra del punto neutro del transformador R_B, en el centro de transformación, la resistencia de puesta a tierra del edificio R_A, la resistencia del conductor de puesta a tierra del punto más alejado de la vivienda R_2 y la resistencia de la puesta a tierra hasta el borne principal de tierra R_3 forman una serie de resistencias que deberemos definir, de las cuales la más laboriosa es la de la puesta a tierra del edificio, para poder mantener las protecciones adecuadas:

■ La resistencia R_B, la Cía suministradora nos ha indicado que es de un valor de 10 Ω.

■ La resistencia del tramo de conductor hasta el punto más alejado corresponde al de la terraza T2, con conductor de 2,5 mm² y una longitud de 17 m.

$$R_2 = \varphi \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{17\ m}{2,5\ mm^2} = 0,121\ \Omega$$

■ La resistencia de la puesta a tierra hasta el borne principal de tierra es de 6 m con conductor de 35 mm² de sección.

$$R_3 = \varphi \frac{L}{S} = \frac{1}{56} \cdot \frac{6\ m}{35\ mm^2} = 0,003\ \Omega$$

■ La resistencia total de la puesta a tierra será:

$$R_T = \Sigma(R_2 + R_3 + R_B) + R_A = 0,121\ \Omega + 0,003\ \Omega + 10\ \Omega = 10,124\ \Omega + R_A$$

■ Nos falta conocer la resistencia de la puesta a tierra del edificio (R_A) que cumpla con las condiciones de seguridad deseadas.

■ El interruptor a corriente diferencial residual previsto es un aparato instantáneo de 30 mA. Según la norma UNE-EN 61008-1 para una corriente de fuga 2 veces la nominal (0,06 mA) ha de desconectar antes de 0,5 s, y para 5 veces la nominal (0,15 mA) ha de desconectar en menos de 0,04 s.

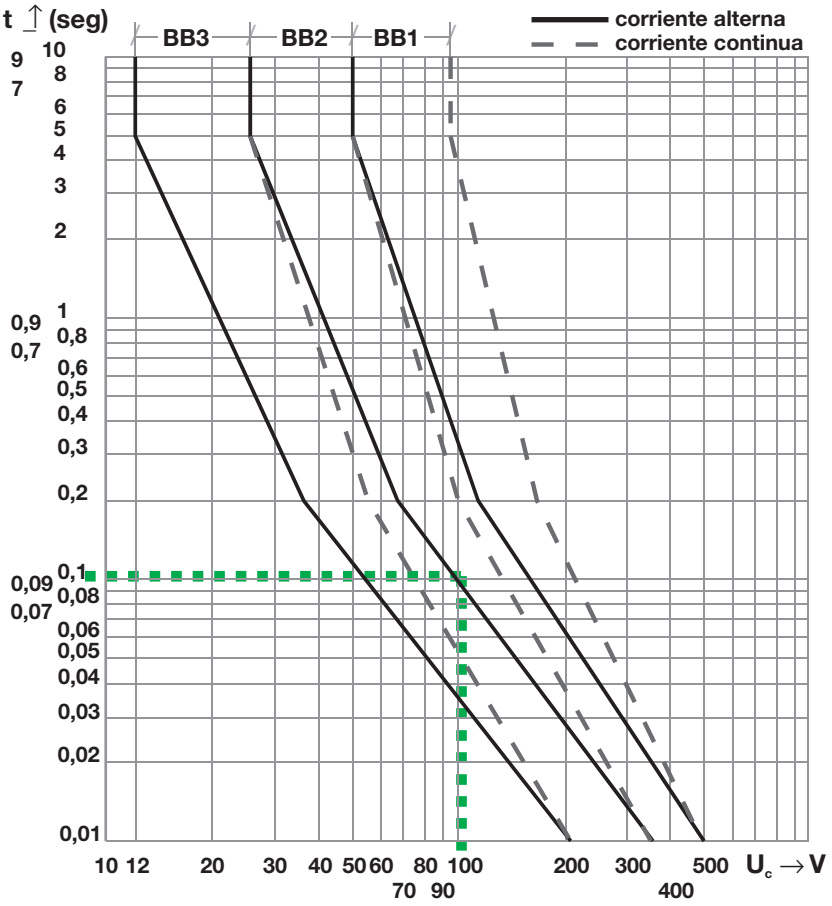
■ Consideremos que la intensidad de fuga será entre 2 y 5 veces la nominal y si fijamos un tiempo de 0,1 s como máximo tendremos que en el ábaco de relación tiempo/tensiones que puede soportar el cuerpo humano en un estado BB2 la tensión de contacto máxima es de:

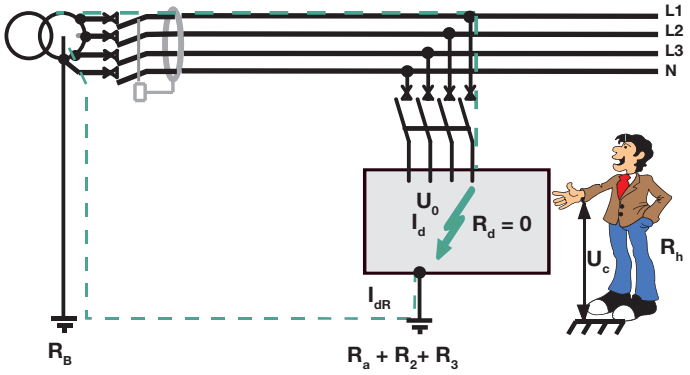
(Ver diagrama tensiones/tiempos adjunto, página siguiente.)

□ Para un tiempo de 0,1 s a una situación del cuerpo humano BB2 le corresponden 100 V, o sea que el cuerpo humano puede soportar 100 V durante 0,1 s en una situación ambiental BB2.

■ El circuito de la corriente de fuga prevista es de una fase a la carcasa de una carga y de la puesta a tierra de la carga hasta la tierra del edificio, de ésta a la tierra del punto neutro del transformador del centro de transformación (CT) y de ésta al punto neutro.

■ La diferencia de potencial entre la carcasa y el suelo (U_c) es la tensión de contacto que puede derivar una parte de la intensidad de fuga por el ser humano y de forma inversamente proporcional a la resistencia del cuerpo humano y de su estado ambiental y la resistencia de puesta a tierra de la carcasa ($R_A + R_2 + R_3$).





Resistencia de puesta a tierra del neutro

Resistencia de puesta a tierra de las masas

Resistencia de contacto a tierra del ser humano

Fig. L6.3-160: *circuito de la corriente de fuga.*

■ La intensidad de fugas será igual a: $I_d = \frac{U_0}{R_A + R_2 + R_3 + R_B} = \frac{U_0}{R_A + 10{,}124\ \Omega}$.

■ La tensión de contacto será igual a:
$U_c = I_d \cdot (R_A + R_2 + R_3 + R_B) = I_d \cdot (R_A + 10{,}124\ \Omega)$

$$U_c = \frac{U_0}{R_A + 10{,}124\ \Omega} \cdot (R_A + 10{,}124\ \Omega) = U_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{10{,}124\ \Omega}{R_A}}.$$

■ Pero sabemos que por el tipo de protección que hemos considerado la tensión de contacto máxima que podemos soportar por un tiempo de 0,1 s es de 100 V, por tanto la resistencia de puesta a tierra máxima para mantener las condiciones será: $R_A = \frac{10{,}124\ \Omega}{\frac{U_0}{U_c} - 1} = \frac{10{,}124\ \Omega}{\frac{230\ V}{100\ V} - 1} = \frac{10{,}124\ \Omega}{1{,}3} = 7{,}787\ \Omega$.

■ En el apartado F5. "La realización y medida de la puestas a tierra", página F/87 del 1.er Volumen encontraremos la forma de medir el terreno y configuraciones para obtener la resistencia de puesta a tierra deseada.

■ La medición de la resistividad media del terreno, medida en la época seca del año, en el lugar de la instalación nos da 300 Ω/m.

■ En la tabla F5-010, página F/96 del 1.er Volumen, encontraremos una estructura de puesta a tierra predeterminada. Para determinarla debemos primero calcular el coeficiente K_r.

■ El coeficiente K_r de la tabla corresponde al valor de la resistencia partido por la resistividad del terreno: $K_r = \frac{R_A}{\rho} = \frac{7{,}787\ \Omega}{300\ \Omega/m} = 0{,}0259589$.

Pero no apreciamos ningún coeficiente que se aproxime, todos son mayores, lo que nos indican que las resistencias son superiores y para llegar a la que deseamos tendremos que colocar configuraciones en paralelo para dividir la resistencia.

Si pretendemos colocar dos configuraciones en paralelo el coeficinte K_r se aproximará al doble: $2\ K_r = 2 \cdot 0{,}0259589 = 0{,}0519178$.

■ En la tabla podemos a preciar el coeficiente $K_r = 0{,}051$ que corresponde a una configuración cuadrada de (4 m · 4 m), a 0,8 m de profundidad del nivel del suelo, con ocho piquetas de 6 m de longitud clavadas en el terreno cuya referencia es 40-40/8/86.

■ Esta doble configuración nos daría una resistencia de:

$R_A = \rho \cdot \frac{K_r}{2} = 300\ \Omega/m \cdot \frac{0{,}051}{2} = 7{,}65\ \Omega < 7{,}787\ \Omega$ menor que la máxima necesaria por cálculo.

■ Hasta el momento hemos definido toda la línea de puesta a tierra hasta el punto más alejado.

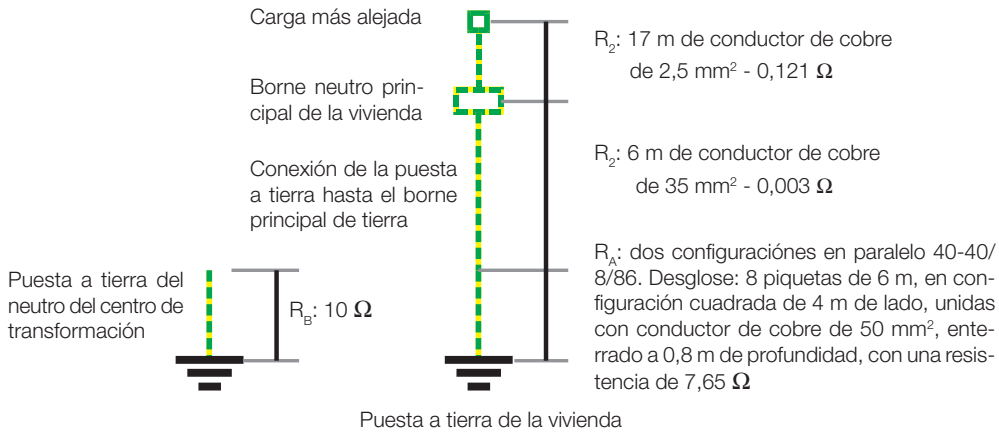


Fig. L6.3-161: *resistencia del circuito de puesta a tierra.*

■ Pero la hemos definido partiendo de unos supuestos: que la intensidad de fuga que se produciría sería del orden de 2 a 5 veces la intensidad de fuga nominal del interruptor a corriente diferencial residual, y que por construcción, en estas circunstancias, desconectaría en menos de 100 ms. Por tanto nos corresponde realizar la comprobación:

□ Resistencia total = $R_A + R_2 + R_3 + R_B = 7{,}787 + 0{,}121 + 0{,}003 + 10 = 17{,}911\ \Omega$.

□ Intensidad de fuga: $I_d = \frac{U_0}{R_T} = \frac{230\ V}{17{,}911\ \Omega} = 12{,}841$ A.

□ La intensidad de fuga con respecto a la intensidad nominal de fuga del interruptor a corriente diferencial residual de 30 mA representa:

$$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{12{,}841\ A}{0{,}3\ A} = 42{,}8 \text{ veces.}$$

Este valor supera las 5 veces de la intensidad de fuga nominal del interruptor a corriente diferencial residual y por tanto podemos asegurar que desconectará en 0,04 s.

■ La tabla G1-015, página G/40 del 2.º Volumen que hemos utilizado, en la que se relacionan las tensiones de contacto y los tiempos de actuación máxima, es una extrapolación de las tablas de la IEC o UNE que relacionan la intensidad de paso a través del cuerpo humano, el tiempo de duración y los efectos sobre el cuerpo humano.

Determinar, en las peores condiciones previsibles, la intensidad de la corriente de fuga (I_d) que circularía por una persona que accidentalmente estuviera en contacto con la carcasa afectada por la fuga

Si nos atenemos a la imagen de la Fig. L6.3-034, página L/498, tendríamos que la intensidad de fuga (I_d) se deriva en dos, la que circula por la toma de tierra (I_{dR}) y la que podría circular por el cuerpo de la persona que está en contacto (I_{dh}).

La resistencia de la parte de circuito que circulará la I_{dR}, corresponde a la suma de las resistencias $\Sigma R = (R_2 + R_3 + R_A)$.

La resistencia del cuerpo humano es la propia en función del ambiente más la de la indumentaria que se interponga, más la de contacto a tierra, pero la IEC recomienda despreciar toda la indumentaria y la de contacto a tierra y considerar un valor de 1.000 Ω para la resistencia del cuerpo humano.

■ Bajo las condiciones del ejemplo tendremos:

□ $I_d = 12{,}842$ A.

□ $\Sigma R = (R_2 + R_3 + R_A) = 0{,}121 + 0{,}003 + 7{,}787 = 7{,}911\ \Omega$.

□ $R_h = 1.000\ \Omega$.

□ $I_{dh} = \frac{I_d}{\frac{R_h}{\Sigma R} + 1} = \frac{12{,}842\ A}{\frac{1.000\ \Omega}{7{,}911\ \Omega} + 1} = 0{,}1007956 \approx 0{,}1$ A.

Ver apartado 1.1 “Choques eléctricos”, página G1/31 del 1.er Volumen.

En el capítulo G se ha pretendido dar mucha preponderancia didáctica, a la situación ambiental en que se encuentran las personas que utilizan las instalaciones eléctricas.
El nuevo reglamento electrotécnico ya especifica instalaciones en ambientes húmedos y mojados y toda una instrucción dedicada a las instalaciones en baños o duchas, donde el cuerpo humano está totalmente mojado.
En el apartado “Cálculo de las protecciones contra los contactos indirectos de viviendas unifamiliares apareadas”, página G8/227

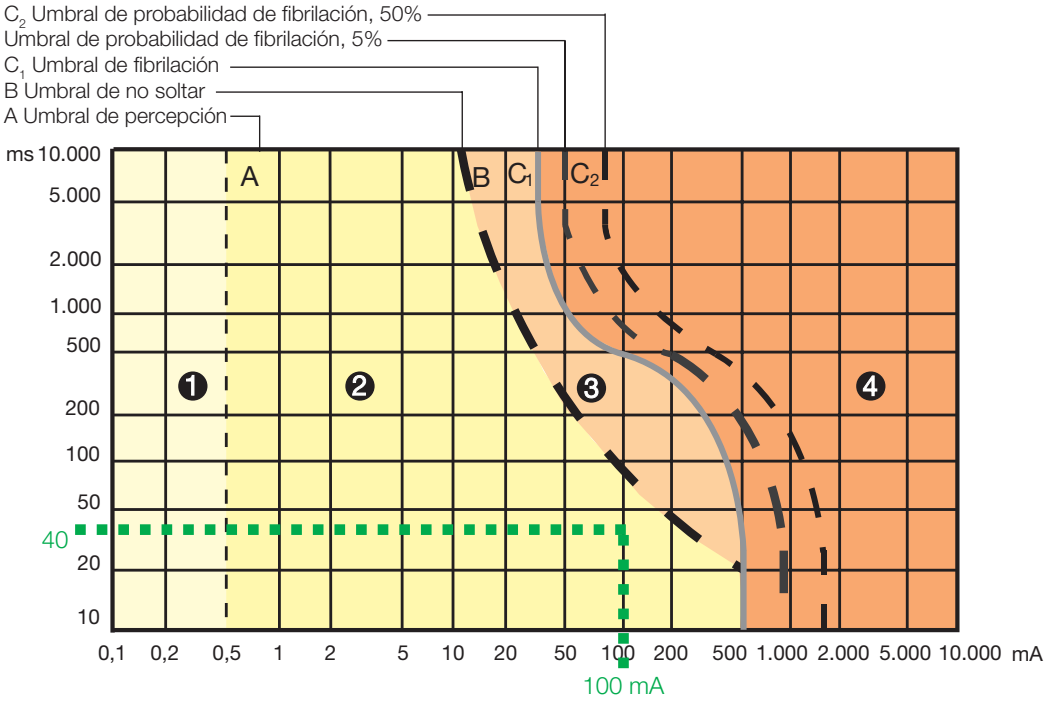


Fig. L6.3-162: *diagrama del efecto del paso de la corriente de fuga por el cuerpo humano.*

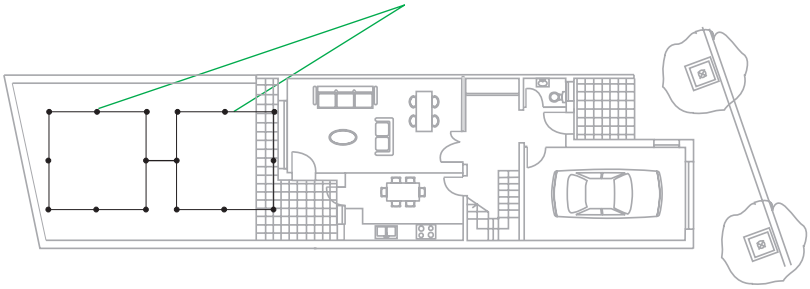
del 2.º volumen, se ha realizado el cálculo de la protección contra los choques eléctricos sin considerar la utilización de MBTS y transformador de aislamiento en el baño, por tanto el nivel de protección corresponde a una tensión de contacto permanente de 12 V en vez de 25 V, al cubrir la protección en zonas BB3 con MBTS y transformadores individuales de aislamiento se ha logrado reducir la inversión en la puesta a tierra.

La estructura de la puesta a tierra en dicha alternativa era de cinco configuraciones 40-40\|8\|88 que representa una inversión más elevada que la solución utilizada con dos configuración 40-40\|8\|86 y los cinco transformadores de aislamiento para los circuitos a MBTS.

La intención de presentar estas dos soluciones queda limitada a la reflexión didáctica que representa en cada instalación la posibilidad de diferentes soluciones y diferentes inversiones.

El circuito de tierra

Configuración 40-40/8/86, dos unidades cuadrangulares de 4 m de lado, de ocho unidades de piquetas de 6 m con conductor de 50 mm².



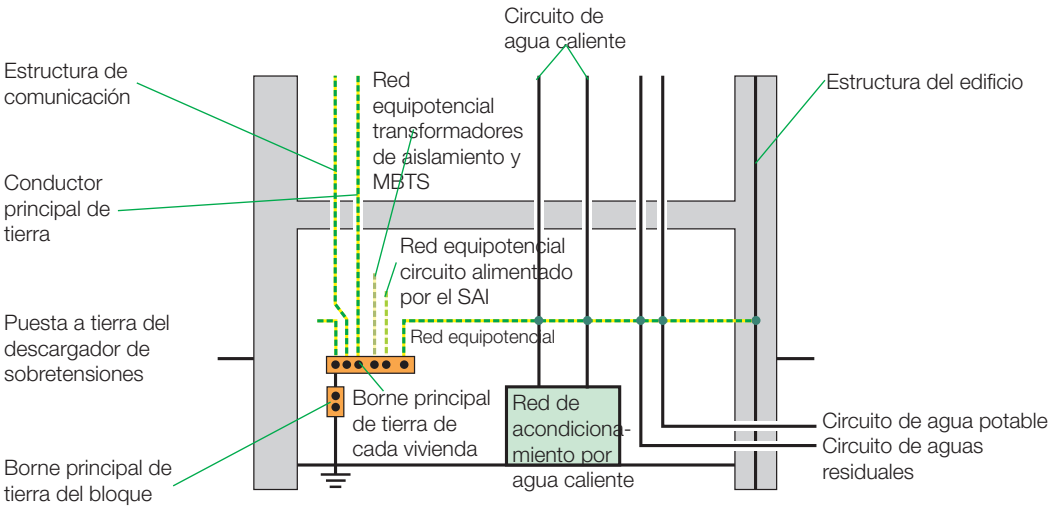


Fig. L6.3-163: *circuito de puesta a tierra.*

Definición de las protecciones

■ Interruptor a corriente diferencial residual instantáneo de 30 mA clase A (∿ ⎍ ⎍̃), para los circuitos:

□ C_1: circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos luz.

□ C_2: circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.

□ C_6: circuito adicional del tipo C_1, por cada 30 puntos luz.

□ C_7: circuito adicional del tipo C_2, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m^2.

□ C_{11}: circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad, cuando exista previsión de éste.

■ Interruptor a corriente diferencial residual instantáneo de 30 mA clase A (∿ ⎍ ⎍̃), para los circuitos:

□ C_3: circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno.

□ C_4: circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

□ C_5: circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina.

□ C_{10}: circuito de distribución interna, destinado a la instalación de una secadora independiente.

■ Interruptor a corriente diferencial residual instantáneo de 30 mA clase A (∿ ⎍ ⎍̃), para el circuito $C_{8\text{-}9}$: circuito de distribución interna, destinado al acondicionamiento de la vivienda (calefacción y refrigeración).

■ Interruptor automático magnetotérmico, a corriente diferencial residual instantáneo de 30 mA clase AC (⎍), para los tres circuitos de maniobra del acondicionamiento.

■ Interruptor automático magnetotérmico, a corriente diferencial residual instantáneo de 30 mA clase AC (⎍), para el circuito C_{11A}.

■ Interruptor a corriente diferencial residual instantáneo de 300 mA clase A (∿ ⎍ ⎍̃), para el circuito de protección del descargador de sobretensiones PFR.

■ Interruptor a corriente diferencial residual selectivo Ⓢ de 300 mA clase A (∿ ⎍ ⎍̃), para la protección general selectiva.

Corrientes de fuga permanentes

En el apartado “Corrientes de fuga permanentes”, página G/214 del 2.º Volumen, encontraremos tablas para definir las fugas permanentes.

En el caso que nos ocupa al haber repartido las cargas entre tres interruptores a corriente diferencial residual, las fugas permanentes no llegan a valores de 15 mA, umbrales de inicio de desconexión.

Coordinación de las protecciones diferenciales

En el apartado 4.4 “Coordinación de las protecciones diferenciales” página G/97 del 2.º Volumen, encontraremos todas las posibilidades que ofrece la aparamenta de los interruptores a corriente diferencial residual.

En el caso que nos ocupa, prácticamente sólo tenemos dos niveles entre un interruptor a corriente diferencial residual instantáneo de 30 mA y uno en cabecera de 300 mA, retardado S hasta 100 ms.

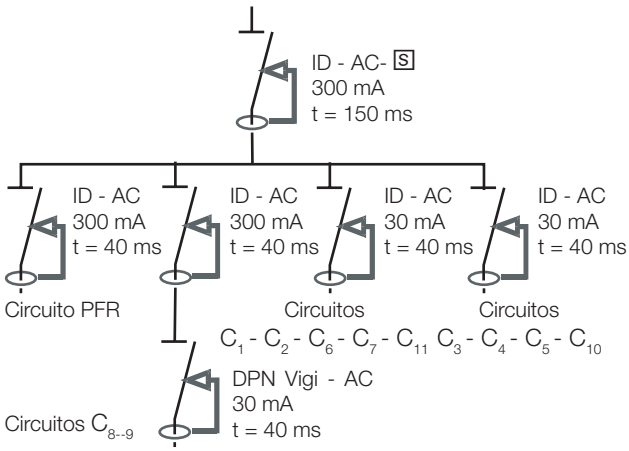


Fig. L6.3-164: *esquema de niveles de protección a corriente diferencial residual.*

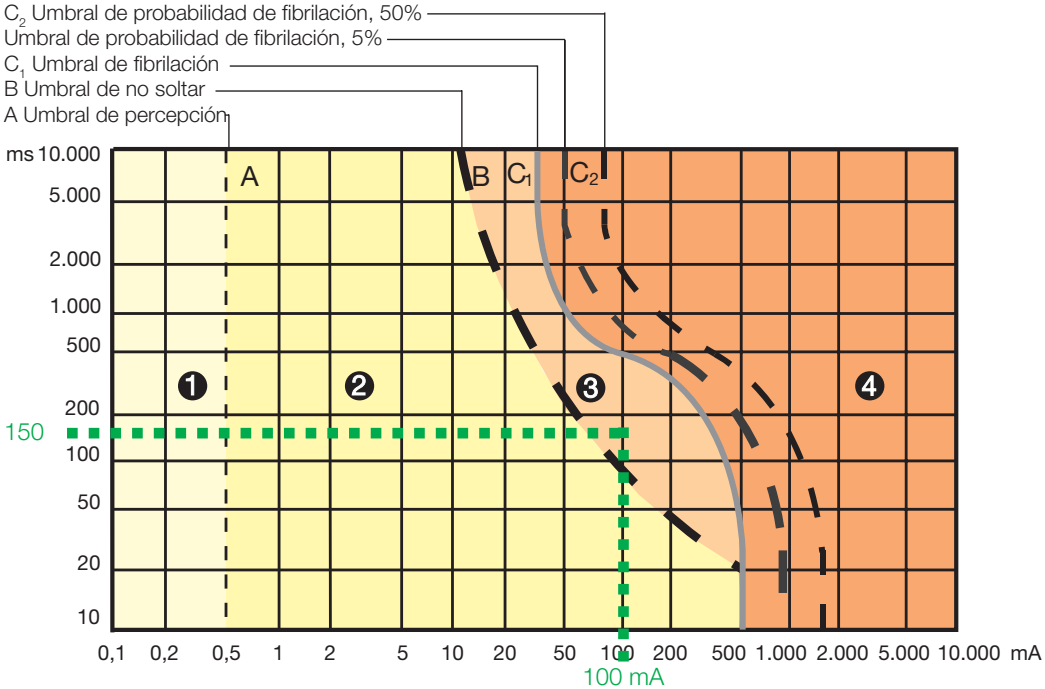


Fig. L6.3-165: *diagrama del efecto del paso de la corriente de fuga con protección del 1.er nivel.*

■ Entre los niveles 1 y 2 la selectividad es total por tiempo, entre los niveles 2 y 3 tendremos selectividad parcial por intensidad. Podríamos llegar a una selectividad total con un interruptor Vigi Compact retardado 60 ms, pero debido a que los interruptores del tercer nivel corresponden a la maniobra del mismo circuito, podemos mantener esta selectividad parcial por intensidad.

■ Es importante conocer si el aparato de cabecera realiza una función de protección en caso de fallo de uno de los interruptores a corriente diferencial residual aguas abajo.

■ El aparato de cabecera desconecta con una intensidad de fuga de I_d = 12,841A,

$\frac{I_d}{I_{\Delta n}} = \frac{12{,}841\ A}{0{,}3\ A}$ = 42,8 veces, con cinco veces o más de la intensidad de fuga un aparato del tipo S debe desconectar en 150 ms.

■ En el diagrama de la página anterior vemos que la corriente de fuga derivada a través de un cuerpo humano, en contacto franco a la carcasa afectada de fuga, le puede circular 100 mA; esta situación se encuentra en el área de una contracción muscular para no soltar pero sin ningún efecto irreversible, por tanto nos ofrece una segunda protección en caso de fallo de la primera.

Protección contra los contactos indirectos del circuito de celulas fotovoltaicas a corriente continua (ver apartado 6.5.2. "Instalaciones eléctricas de celulas fotovoltaicas PV", páginas L/1703)

La tensión de trabajo de la corriente continua es de 120 V CC, el equipo de control propio, dispone de dos elementos que se utilizan en el circuito de acondicionamiento:

■ Un relé de caudal que cierra un contacto cuando el caudal es suficiente, y permite utilizarlo en el circuito de maniobra.

■ Un relé de tensión que permite detectar la presencia de una tensión a CC entre los conductores activos y la red equipotencial del circuito a corriente continua. Esta detección permite activar un seccionador del circuito para que no suministre energía al exterior.

Al ser un equipo electrónico con circuito integrado no se considera adecuado en este apartado realizar una exposición detallada del mismo, pero en el Capítulo M. "Seguridad en las máquinas", se tratrarán circuitos de control y de alimentación propios de las máquinas similares o semejantes a la que se está citando.

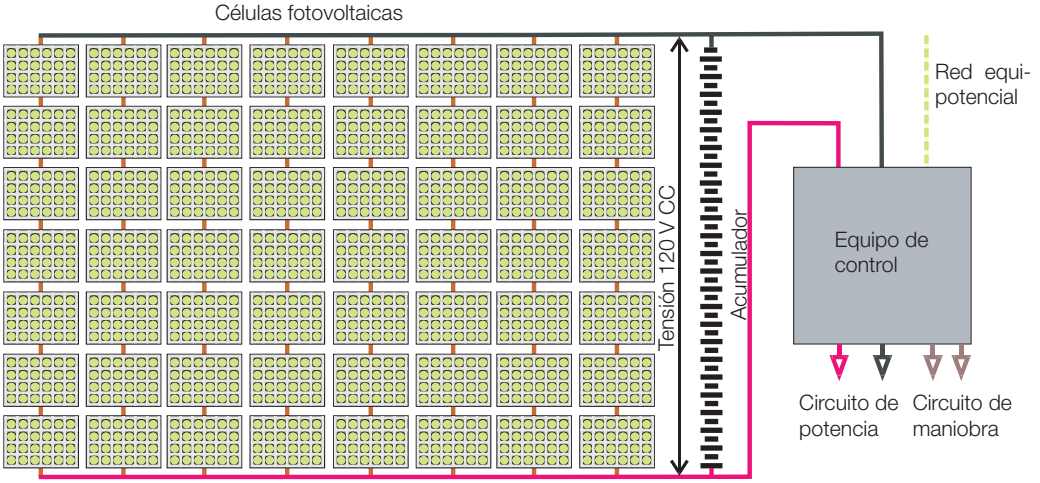


Fig. L6.3-166: *circuito de control de la captación de energía con células fotovoltaicas.*

6.3.1.6. Medidas de protección contra los efectos térmicos

En el apartado 2.2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página L/40 de este volumen, se exponen de forma genérica una serie de advertencias y consideraciones a tener presentes en el momento de realizar un proyecto de una instalación eléctrica y en su realización.
En este apartado se efectuarán unas consideraciones más específicas para las "Instalaciones eléctricas en viviendas".

Las conducciones

Procuraremos evitar instalar una conducción cerca de un punto caliente y del fuego: hornos, microondas, hornillos, encimeras, hogares, radiadores...
El número y la sección de los conductores, ubicados en una conducción, deberán cumplir las prescripciones de la instrucción ITC-BT-21.

Los conductores

A efectos de dimensionado no deberán sobrepasar los valores de la tabla 1 de la ITC-BT-19. Esta tabla es la expresión simplificada de la UNE 20460-94/5-523 y en este volumen hemos expuesto el conjunto de tablas que desarrolla la UNE 20460-94/5-523 desde la Tabla L3-012, página L/110, hasta la L3-021, página L/118 de este volumen.
Para el cálculo de los conductores deberemos tener en consideración la temperatura de trabajo, que afecta al valor de la resistividad del conductor la cual es función de la naturaleza del conductor y de la temperatura de trabajo.
Para el cálculo de las conducciones la IEC admite la utilización de los siguientes valores de la resistividad, basados en la resistividad de los conductores a 20 ºC: 0,018 $\Omega mm^2/m$ para el cobre y 0,029 $\Omega mm^2/m$ para el aluminio.

Regla	Resistividad	Valor de la resistividad $\Omega mm^2/m$		Conductores afectados
		Cobre	Aluminio	
Corriente máxima de cortocircuito	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	L_1 - L_2 - L_3 - N
Corriente mínima de cortocircuito	$\rho = 1{,}50\ \rho_{20}$	0,027	0,043	L_1 - L_2 - L_3 - N
Corriente de defecto en los esquemas TN e IT	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	L_1 - L_2 - L_3 - N (**) PE - PEN
Caída de tensión	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$ $\rho = 1{,}50\ \rho_{20}$	0,0225 0,027	0,036 0,043	L_1 - L_2 - L_3 - N (*) L_1 - L_2 - L_3 - N - PEN - PE
Corriente de sobreintensidad para la verificación de las solicitaciones térmicas de los conductores	$\rho = 1{,}25\ \rho_{20}$	0,0225	0,036	incorporado en un mismo cable multiconductor si PE está separado

(*) Resistividad de los conductores a 20 ºC: 0,018 $\Omega mm^2/m$ para el cobre y 0,029 $\Omega\ mm^2/m$ para el aluminio.
(**) N la sección del conductor neutro es inferior a la de las fases.

Las tomas de corriente

Están sometidas a las mismas prescripciones de protección a los efectos térmicos de las conducciones.
La ITC-BT-25 hace una consideración: las tomas de corriente deben estar situadas a una distancia no inferior de 0,5 m del lado de una encimera de cocción o cocina (nunca en una posición por encima).

Los cuadros eléctricos

En el capítulo F, apartado 6. "Los cuadros eléctricos", página F/109 del 1.er Volumen, encontraremos el tratamiento térmico de los cuadros.
Debemos tener en consideración que, en función de la temperatura ambiente, los elementos de protección a las sobreintensidades se degradan. Por tanto debemos tener en consideración las características de desconexión reales.

Para atender estas condiciones se puede consultar el capítulo H1, apartado 2. "Las medidas de protección contra los efectos térmicos", página H1\|27 del 2.º Volumen, el capítulo J, apartado 20. "Aparamenta para circuitos de alumbrado", página J\|927 del 3.er Volumen, y el capítulo J, apartado 21. "Los circuitos de calefacción", página J\|971 del 3.er Volumen.

ITC-BT-22 "Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades."

6.3.1.7. Medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades

En este volumen, en el apartado 2.3. "Las medidas de protección a los efectos de las sobreintensidades", página L\|45, y el 3.3.3. "Dispositivos de protección contra los efectos térmicos", página L\|127, y en el 2.º Volumen, apartado 3. "El dimensionado de las conducciones y sus protecciones a los efectos de las sobreintensidades", página H1\|61, se encuentran las fórmulas y datos para poder determinar las características de los elementos de las protecciónes contra los efectos de las sobreintensidades.

No obstante en la ITC-BT-25, en la tabla 1, prescribe unos valores de intensidad para el interruptor automático de protección de las líneas definidas en la tabla, pero no especifica las condiciones de instalación ni las de elección que deberían cumplir las descritas en la normativa IEC, UNE y las descritas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

ITC-BT-23 "Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones."

6.3.1.8. Medidas de protección contra las sobretensiones

En este volumen, en el apartado 2.4. "Las medidas de protección contra las sobretensiones", página L\|59, se encuentran las recomendaciones tecnológicas para desarrollar esta función.
En la ITC-BT-3, se especifica la categoría en el nivel de protección necesaria, en función de la red pública de alimentación.
No obstante no describe un proceso de cálculo en función de los factores que describe, para poder atender los posibles niveles de sobretensión especificados en la Tabla 1 de la instrucción.
En el volumen 2, apartado 4. "Los materiales para las protecciones contra las sobretensiones", página H2\|249, se ofrecen las especificaciones de cálculo e instalación.
En el apartado 4.2. "Instalación de protecciones contra las sobretensiones en los ejemplos desarrollados", página H2\|267 se dispone de tres ejemplos de instalaciones domésticas.

- Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones, para el grupo de viviendas unifamiliares apareadas.
- Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para las viviendas unifamiliares de una urbanización rural.
- Cálculo de las protecciones contra las sobretensiones para un bloque de viviendas y locales comerciales.

6.3.1.9. Medidas de protección contra las interferencias electromagnéticas

En este volumen, en el apartado 2.5. "Protección contra las interferencias electromagnéticas (CEM) en los edificios", página L/68, se expone el desarrollo tecnológico de las CEM. No obstante en el transcurso de los capítulos de esta obra que quedan afectados por las compatibilidades electromagnéticas, se ofrecen soluciones particulares de tratamiento.
En este volumen, el apartado "Disposiciones en función de la compatibilidad electromagnética (CEM)", página L/146.
Con el conjunto de las orientaciones y recomendaciones se pueden cumplir las prescripciones de las Directivas de correspondencia la IEC.

6.3.1.10. Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión

En este volumen, en el apartado 2.6. "Medidas de protección a los efectos de las bajadas de tensión", página L/72, se encuentran las prescripciones generales para atender las bajadas de tensión.
No obstante, hoy en día, las instalaciones de uso doméstico cada día más están conformadas con equipos sensibles a las bajadas de tensión y es recomendable una protección específica para estos equipos o bien la utilización de un SAI para ellos.
En este volumen, en el apartado 3.3.6. "Dispositivos de protección contra las bajadas de tensión", página L/132, se muestran los dispositivos adecuados.

6.3.1.11. Medidas de seguridad en el seccionamiento y mando

En este volumen, en el apartado 2.7. "Medidas para la seguridad en el seccionamiento y mando", página L/73, se recogen las recomendaciones para mantener una seguridad de la instalación.
Es importante que el interruptor general de alimentación de una vivienda pueda estar enclavado en la posición de desconexión, para efectuar las revisiones y reparaciones del circuito en seguridad.

6.3.1.12. Medidas de control y compensación de la calidad de la energía

En el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión no existe ninguna instrucción que desarrolle el Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
En el volumen 4.º de esta obra se desarrolla este Real Decreto con el fin de poder obtener una buena calidad de la energía según la normalización del CENELEC y adoptada por UNE y las opciones de discriminación y reducción del consumo.

INSTALACIONES DE ENLACE DERIVACIONES INDIVIDUALES. ITC-BT-15

1. DEFINICIÓN

Derivación individual es la parte de la instalación que, partiendo de la línea general de alimentación suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.
La derivación individual se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.
Las derivaciones individuales estarán constituidas por:
– Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
– Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
– Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
– Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se puede abrir con la ayuda de un útil.
– Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60439-2.
– Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y construidos al efecto.
En los casos anteriores, los tubos y canales así como su instalación, cumplirán lo indicado en la ITC-BT-21, salvo en lo indicado en la presente instrucción.
Las canalizaciones incluirán, en cualquier caso, el conductor de protección.
Cada derivación individual será totalmente independiente de las derivaciones correspondientes a otros usuarios.

2. INSTALACIÓN

Los tubos y canales protectoras tendrán una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%. En las mencionadas condiciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones de instalación, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de 32 mm. Cuando por conciencia del trazado, se produzca una agrupación de dos o más agrupaciones individuales, éstas podrán ser tendidas simultáneamente en el interior de un canal protector mediante cable con cubierta, asegurándose así la separación necesaria entre derivaciones individuales.
En cualquier caso, se dispondrá de un tubo de reserva por cada diez derivaciones individuales o fracción, desde las concentraciones de contadores hasta las viviendas o locales, para poder atender fácilmente posibles ampliaciones.
En locales donde no esté definida su partición, se instalará como mínimo un tubo por cada 50 m^2 de superficie.
Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas, o embutidas, de manera que no puedan separarse los extremos.
En el caso de edificios destinadas principalmente a viviendas, en edificios comerciales, de oficinas, o destinados a una con-

centración de industrias, las derivaciones individuales deberán discurrir por lugares de uso común, o en caso contrario quedar determinadas sus servidumbres correspondientes.
Cuando las derivaciones individuales discurran verticalmente se alojarán en el interior de una canaladura o conducto de obra de fábrica con paredes de resistencia al fuego RF 120. Preparación única y exclusivamente para este fin, que podrá ir empotrado o adosado al hueco de escalera o zonas de uso común, salvo cuando sean recintos protegidos conforme a lo establecido en la NBE-CPI-96, careciendo de curvas, cambios de dirección, cerrado convenientemente y precintables. En estos casos, para evitar la caída de objetos y la propagación de las llamas, se dispondrá como mínimo cada tres plantas, de elementos cortafuegos y tapas de registro precintables de las dimensiones de la canaladura, a fin de facilitar los trabajos de inspección y de instalación y sus características vendrán definidas por la NBE-CPI-96. Las tapas de registro tendrán una resistencia al fuego mínima, RF 30.
Las dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica, se ajustarán a la siguiente tabla:

Tabla 1. Dimensiones mínimas de la canaladura o conducto de obra de fábrica.

Dimensiones en (m)		
Número de derivaciones	Anchura L (m) Profundidad	
	P = 0,15 m una fila	P = 0,30 m dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
35 - 48	2,45	1,35

Para más derivaciones individuales de las indicadas se dispondrá el número de conductos o canaladuras necesario.
La altura mínima de las tapas registro será de 0,30 m y su anchura igual a la de las canaladuras. Su parte superior quedará instalada, como mínimo, a 0,20 m del techo.
Con objeto de facilitar la instalación, cada 15 m se pondrán colocar cajas de registro precintables, comunes a todos los tubos de derivación individual, en las que no se realizarán empalmes de conductores. Las cajas serán de material aislante, no propagadoras de la llama y grado de inflamabilidad V-1, según UNE-EN 60695-11-10.
Para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, la derivación individual cumplirá lo que se indica en la ITC-BT-07 para redes subterráneas, excepto en lo indicado en la presente instrucción.

3. CABLES

El número de conductores vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores de la derivación correspondiente y según su potencia, llevando cada línea su correspondiente conductor neutro

así como el conductor de protección. En el caso de suministros individuales el punto de conexión, se dejará a criterio del proyectista de la instalación. Además, cada derivación individual incluirá el hilo de mando para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas. No se admitirá el empleo de conductor neutro común ni de conductor de protección común para distintos suministros.
A efecto de la consideración del número de fases que compongan la derivación individual, se tendrá en cuenta la potencia que en monofásico está obligada a suministrar la empresa distribuidora si el usuario así lo desea.
Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme, exceptuándose en este caso las conexiones realizadas en la ubicación de los contadores y en los dispositivos de protección.
Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.
Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV.
Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios. Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21102 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.
Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama” de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.
La sección mínima será de 6 mm^2 para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm^2 para el hilo de mando, que será de color rojo.
Para el cálculo de la sección de los conductores se tendrá en cuenta lo siguiente:
a) La demanda prevista por cada usuario, que será como mínimo la fijada por la ITC-BT-10 y cuya intensidad estará controlada por los dispositivos privados de mando y protección.
A efectos de las intensidades admisibles por cada sección, se tendrá en cuenta lo que se indica en la ITC-BT-19 y para el caso de cables aislados en el interior de tubos enterrados, lo dispuesto en la ITC-BT-07.
b) La caída de tensión máxima admisible será:
– Para el caso de contactores concentrados en más de un lugar: 0,5%.
– Para el caso de contactores totalmente concentrados: 1%.
– Para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación: 1,5%.

INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN. ITC-BT-16

1. GENERALIDADES

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en:
– Módulos (Cajas con tapas precintables).
– Paneles.
– Armarios.
Todos ellos, constituirán conjuntos que deberán cumplir la norma UNE-EN 60439 partes 1,2 y 3.
El grado de protección mínimo que deben cumplir estos conjuntos, de acuerdo con la norma UNE 20.324 y UNE-EN 50102, respectivamente.
– Para instalaciones de tipo interior: IP40; IK09.
– Para instalaciones de tipo exterior: IP43; IK09.
Deberán permitir de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como la del resto de dispositivos de medida, cuando así sea preciso. Las partes transparentes que permiten la lectura directa, deberán ser resistentes a los rayos ultravioleta.
Cuando se utilicen módulos o armarios, éstos deberán disponer de ventilación interna para evitar condensaciones sin que disminuya su grado de protección.
Las dimensiones de los módulos, paneles y armarios, serán las adecuadas para el tipo y número de contadores así como del resto de dispositivos necesarios para la facturación de la energía, que según el tipo de suministro deban llevar.
Cada derivación individual debe llevar asociado en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad, con independencia de las protecciones correspondientes a la instalación interior de cada suministro. Estos fusibles se instalarán antes del contador y se colocarán en cada uno de los hilos de fase o polares que van al mismo, tendrán la adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en este punto y estarán precintados por la empresa distribuidora.
Los cables serán de 6 mm^2 de sección, salvo cuando se incumplan las prescripciones reglamentarias en lo que afecta a previsión de cargas y caídas de tensión, en cuyo caso la sección será mayor.
Los cables serán de una tensión asignada de 450/750 V y los conductores de cobre, de clase 2 según norma UNE 21022, con un aislamiento seco, extruido a base de mezclas termoestables o termoplásticas; y se identificarán según los colores prescritos en la ITC-BT-26.
Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21027-9 (mezclas termoestables) o a la norma UNE 211002 (mezclas termoplásticas) cumplen con esta prescripción.

Asimismo, deberán disponer del cableado necesario para los circuitos de mando y control con el objetivo de satisfacer las disposiciones tarifarias vigentes. El cable tendrá las mismas características que las indicadas anteriormente, su color de identificación será el rojo y con una sección de 1,5 mm^2.
Las conexiones se efectuarán directamente y los conductores no requerirán preparación especial o terminales.

2. FORMAS DE COLOCACIÓN

2.1. Colocación en forma individual

Esta disposición se utilizará sólo cuando se trate de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar.
Se hará uso de la Caja de Protección y Medida, de los tipos y características indicados en el apartado 2 de ITC-BT-13, que reúne bajo una misma envolvente, los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria. En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección.
El emplazamiento de la Caja de Protección y Medida se efectuará de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.1. de la ITC-BT-13.
Para suministros industriales, comerciales o de servicios con medida indirecta, dada la complejidad y diversidad que ofrecen, la solución a adoptar será la que especifique en los requisitos particulares de la empresa suministradora para cada caso en concreto, partiendo de los siguientes principios:
– Fácil lectura del equipo de medida.
– Acceso permanente a los fusibles generales de protección.
– Garantías de seguridad y mantenimiento.
El usuario será responsable del quebrantamiento de los precintos que coloquen los órganos oficiales o las empresas suministradoras, así como de la rotura de cualquiera de los elementos que queden bajo su custodia, cuando el contador esté instalado dentro de su local o vivienda. En el caso de que el contador se instale fuera, será responsable el propietario del edificio.

2.2. Colocación en forma concentrada

En el caso de:
– Edificios destinados a viviendas y locales comerciales.
– Edificios comerciales.
– Edificios destinados a una concentración de industrias.
Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada uno de los usuarios y de los servicios generales del edificio, podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá de preverse en el edificio un armario o local adecuado a este fin, donde se colocarán los distintos elementos necesarios para su instalación.
Cuando el número de contadores a instalar sea superior a 16, será obligatoria su ubicación en local, según el apartado 2.2.1. siguiente.

En función de la naturaleza y número de contadores, así como de las plantas del edificio, la concentración de los contadores se situará de la forma siguiente:
– En edificios de hasta 12 plantas se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano. En edificios superiores a 12 plantas se podrá conectar por plantas intermedias, comprendiendo cada concentración los contadores de 6 o más plantas.
– Podrán disponerse concentraciones por plantas cuando el número de contadores en cada una de las concentraciones sea superior a 16.

2.2.1. En local

Este local que estará dedicado única y exclusivamente a este fin podrá, además, albergar por necesidades de la Compañía Eléctrica para la gestión de los suministros que parten de la canalización, un equipo de comunicación y adquisición de datos, a instalar por la Compañía Eléctrica, así como el cuadro general de mando y protección de los servicios comunes del edificio, siempre que las dimensiones reglamentarias lo permitan.
El local cumplirá las condiciones de protección contra incendios que establece la NBE-CPI-96 para los locales de riesgo especial bajo y responderá a las siguientes condiciones:
– Estará situado en la planta baja, entresuelo o primer sótano, salvo cuando existan concentraciones por plantas, en un lugar lo más próximo posible a la entrada del edificio y a la canalización de las derivaciones individuales. Será de fácil y libre acceso, tal como portal o recinto de portería y el local nunca podrá coincidir con el de otros servicios tales como cuadros de calderas, concentración de contadores de agua, gas, telecomunicaciones, maquinaria de ascensores o de otros como almacén, cuarto trasero, de basuras, etc.
– No servirá nunca de paso ni de acceso a otros locales.
– Estará construido con paredes de clase M0 y suelos de clase M1, separado de otros locales que presenten riesgos de incendio o produzcan vapores corrosivos y no estará expuesto a vibraciones ni humedades.
– Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente para comprobar el buen funcionamiento de todos los componentes de la concentración.
– Cuando la cota del suelo sea inferior o igual a la de los pasillos o locales colindantes, deberán disponerse sumideros de desagüe para que en caso de avería, descuido o rotura de tuberías de agua, no puedan producirse inundaciones en el local.
– Las paredes donde debe fijarse la concentración de contadores tendrán una resistencia no inferior a la del tabicón de medio pie de ladrillo hueco.
– El local tendrá una altura mínima de 2,30 m y una anchura mínima en paredes ocupadas por contadores de 1,50 m. Sus dimensiones serán tales que las distancias desde la pa-

red donde se instale la concentración de contadores hasta el primer obstáculo que tenga enfrente sean de 1,10 m. La distancia entre los laterales de dicha concentración y sus paredes colindantes será de 20 cm. La resistencia al fuego del local corresponderá a lo establecido en la Norma NBE-CPI-96 para locales de riesgo especial bajo.
– La puerta de acceso abrirá hacia el exterior y tendrá una dimensión mínima de 0,70 x 2 m, su resistencia al fuego corresponderá a lo establecido para puertas de locales de riesgo especiales bajo en la Norma NBE-CPI-96 y estará equipada con la cerradura que tenga normalizada la empresa distribuidora.
– Dentro del local e inmediato a la entrada deberá instalarse un equipo autónomo de alumbrado de emergencia, de autonomía no inferior a 1 hora y proporcionando un nivel mínimo de iluminación de 5 lux.
– En el exterior del local y lo más próximo a la puerta de entrada, deberá existir un extintor móvil, de eficacia mínima 21 B, cuya instalación y mantenimiento será a cargo de la propiedad del edificio.

2.2.2. En armario
Si el número de contadores a centralizar es igual o inferior a 16, además de poderse instalar en un local de las características descritas en 2.2.1., la concentración podrá ubicarse en un armario destinado única y exclusivamente a este fin.
Este armario, reunirá los siguientes requisitos:
– Estará situado en la planta baja, entresuelo o primer sótano del edificio, salvo cuando existan concentraciones por plantas, empotrado o adosado sobre un paramento de la zona común de la entrada lo más próximo a ella y a la canalización de las derivaciones individuales.
– No tendrá bastidores intermedios que dificulten la instalación o lectura de los contadores y demás dispositivos.
– Desde la parte más saliente del armario hasta la pared opuesta deberá respetarse un pasillo de 1,5 m como mínimo.
– Los armarios tendrán una característica para llamas mínima, PF 30.
– Las puertas de cierre, dispondrán de la cerradura que tenga normalizada la empresa suministradora.
– Dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente y en sus inmediaciones, se instalará un extintor móvil, de eficacia mínima 21 B, cuya instalación y mantenimiento será a cargo de la propiedad del edificio. Igualmente, se colocará una base de enchufe (toma de corriente) con toma de tierra de 16 A para servicios de mantenimiento.

3. CONCENTRACIÓN DE CONTADORES

Las concentraciones de contadores estarán concebidas para albergar los aparatos de medida, mando, control (ajeno al ICP) y protección de todas y cada una de las derivaciones individuales que se alimentan desde la propia concentración.

En referente al grado de inflamabilidad cumplirán con el ensayo del hilo incandescente descrito en la norma UNE-EN 60695-2-1, a una temperatura de 960 ºC para los materiales aislantes que estén en contacto con las partes que transportan la corriente y de 850º C para el resto de los materiales tales como envolventes, tapas, etc.
Cuando existan envolventes estarán dotadas de dispositivos precintables que impidan toda manipulación interior y podrán constituir uno o varios conjuntos. Los elementos constituyentes de la concentración que lo precisen, estarán marcados de forma visible para que permitan una fácil y correcta identificación del suministro a que corresponde.
La propiedad del edificio o el usuario tendrán, en su caso, la responsabilidad del quebranto de los precintos que se coloquen y de la alteración de los elementos instalados que quedan bajo su custodia en el local o armario en que se ubique la concentración de contadores.
Las concentraciones permitirán la instalación de los elementos necesarios para la aplicación de las disposiciones tarifarias vigentes y permitirán la incorporación de los avances tecnológicos del momento.
Las colocación de la concentración de contadores, se realizará de tal forma que desde la parte inferior de la misma al suelo haya como mínimo una altura de 0,25 m y el cuadrante de lectura del aparato de medida situado más alto, no supere el 1,80 m.
El cableado que efectúa las uniones embarrado-contador-borne de salida podrá ir bajo tubo o conducto.
Las concentraciones, estarán formadas eléctricamente, por las siguientes unidades funcionales:
– Unidad funcional de interruptor general de maniobra.
Su misión es dejar fuera de servicio, en caso de necesidad, toda la concentración de contadores. Será obligatoria para concentraciones de más de dos usuarios.
Esta unidad se instalará en una envolvente de doble aislamiento independiente, que contendrá un interruptor de corte omnipolar, de apertura en carga y que garantice que el neutro no sea cortado antes de los otros polos.
Se instalará entre la línea general de alimentación y el embarrado general de la concentración de contadores.
Cuando exista más de una línea general de alimentación se colocará un interruptor por cada una de ellas.
El interruptor será, como mínimo, de 160 A para previsiones de carga hasta 90 kW, y de 250 A para las superiores a ésta, hasta 150 kW.
– Unidad funcional de embarrado general de la concentración y los fusibles de seguridad correspondiente a todos los suministros que estén conectados al mismo. Dispondrá de una protección aislante que evite contactos accidentales con el embarrado general al acceder a los fusibles de seguridad.
– Unidad funcional de medida.
Contiene los contadores, interruptores horarios y/o dispositivos de mando para la medida de la energía eléctrica.

– Unidad funcional de mando (opcional).
Contiene los dispositivos de mando para el cambio de tarifa de cada suministro.
– Unidad funcional de embarrado de proteción y bornes de salida.
Contiene el embarrado de protección donde se conectarán los cables de protección de cada derivación individual así como los bornes de salida de las derivaciones individuales.
El embarrado de protección, deberá estar señalizado con el símbolo normalizado de puesta a tierra y conectado a tierra.
– Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).
Contiene el espacio para el equipo de comunicación y adquisición de datos.

4. ELECCIÓN DEL SISTEMA

Para homogeneizar estas instalaciones la Empresa Suministradora, de común acuerdo con la propiedad, elegirá de entre las soluciones propuestas la que mejor se ajuste al suministro solicitado. En caso de discrepancia resolverá el Organismo Competente de la Administración. Se admitirán otras soluciones tales como contactores individuales en viviendas o locales, cuando se incorporen al sistema nuevas técnicas de telegestión.

INSTALACIONES DE ENLACE. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA. ITC-BT-17

1. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA

1.1. Situación

Los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el local o vivienda del usuario.
En viviendas y en locales comerciales e industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimiento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.
En viviendas, deberá preverse la situación de los dispositivos generales de mando y protección junto a la puerta de entrada y no podrá colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc. En locales destinados a actividades industriales o comerciales, deberán situarse lo más próximo posible a una puerta de entrada de éstos.
Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

En locales de uso común o de pública concurrencia, deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general.
La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m, para viviendas. En locales comerciales, la altura mínima será de 1 m desde el nivel del suelo.
Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores.
Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20451 y UNE-EN 60439-3, con un grado de protección mínimo IP30 según UNE 20324 e IK07 según UNE-EN 50102.
La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

1.2. Composición y características de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:
– Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
– Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
– Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
– Dispositivos de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.
Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos.
En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.
Según la tarifa a aplicar, el cuadro deberá prever la instalación de los mecanismos de control necesarios por exigencia de la aplicación de esa tarifa.

1.3. Características principales de los dispositivos de protección

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.

Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación. La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción ITC-BT-24.
Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA. ITC-BT-18

1. OBJETO

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.
Cuando otras instrucciones técnicas prescriban como obligatoria la puesta a tierra de algún elemento o parte de la instalación, dichas puestas a tierra se regirán por el contenido de la presente instrucción.

2. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA. DEFINICIÓN

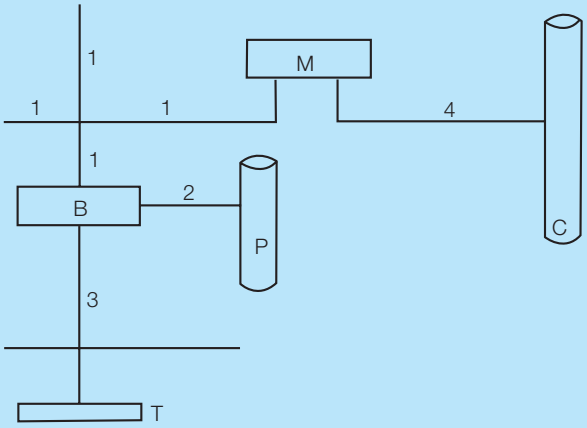
La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.
Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

3. UNIONES A TIERRA

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.
La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:
– El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
– Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
– La solidez o la protección mecánica quede asegurada

con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
– Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.
En la figura 1 se indican las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

Figura 1. Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra.



Leyenda:
1 Conductor de protección.
2 Conductor de unión equipotencial principal.
3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
B Borne principal de tierra.
M Masa.
C Elemento conductor.
P Canalización metálica principal de agua.
T Toma de tierra.

3.1. Tomas de tierra
Para la toma de tierra se puede utilizar electrodos formados por:
– Barras, tubos.
– Pletinas, conductores desnudos.
– Placas.
– Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones.
– Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.
– Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.
Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21022.
El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos,

no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.
Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.
Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.
Las envolventes de plomo y otras envolventes de cables que no sean susceptibles de deterioro debido a una corrosión excesiva, pueden ser utilizadas como tomas de tierra, previa autorización del propietario, tomando las precauciones debidas para que el usuario de la instalación eléctrica sea advertido de los cambios del cable que podría afectar a sus características de puesta a tierra.

3.2. Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra tienen que satisfacer las prescripciones del apartado 3.4. de esta Instrucción y, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores de la tabla 1. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1. Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión *	Según apartado 3.4.	16 mm^2 cobre 16 mm^2 acero galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm^2 cobre 50 mm^2 hierro	

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas.
Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

3.3. Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:
– Los conductores de tierra.
– Los conductores de protección.
– Los conductores de unión equipotencial principal.
– Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne especial de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

3.4. Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:

– Al neutro de la red.

– A un relé de protección.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 2, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 apartado 543-1-1.

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección. Sp (mm^2)
$S \leqslant 16$	$Sp = S$
$16 < S \leqslant 35$	$Sp = 16$
$S < 35$	$Sp = S/2$

Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

Los valores de la tabla 2 solo son válidos en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos; de no ser así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de forma que presenten una conductividad equivalente a la que resulta aplicando la tabla 2.

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

– 2,5 mm^2, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.

– 4 mm^2, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de este conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

– Conductores en los cables multiconductores.
– Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos.
– Conductores separados desnudos o aislados.

Cuando la instalación consta de partes de envolventes de conjuntos montadas en fábrica o de canalizaciones prefabricadas con envolvente metálica, estas envolventes pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen, simultáneamente, las tres condiciones siguientes:

a) Su continuidad eléctrica debe ser tal que no resulte afectada por deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.

b) Su conductibilidad debe ser, como mínimo, igual a la que resulta por la aplicación del presente apartado.

c) Deben permitir la conexión de otros conductores de protección en toda derivación predeterminada.

La cubierta exterior de los cables con aislamiento mineral, puede utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores. Otros conductos (agua, gas u otros tipos) o estructuras metálicas, no pueden utilizarse como conductores de protección (CP o CPN).

Los conductores de protección deben estar convenientemente protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra los esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, excepto en el caso de las efectuadas en cajas selladas con material de relleno o en cajas no desmontables con juntas estancas.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección, aunque para los ensayos podrán utilizarse conexiones desmontables mediante útiles adecuados.

Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección, con excepción de las envolventes montadas en fábrica o canalizaciones prefabricadas mencionadas anteriormente.

4. PUESTAS A TIERRA POR RAZONES DE PROTECCIÓN

Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ITC-BT-24.

Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobreintensidades para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata.

4.1. Tomas de tierra y conductores de protección para dispositivos de control de tensión de defecto

La toma de tierra auxiliar del dispositivo debe ser eléctricamente independiente de todos los elementos metálicos

puestos a tierra, tales como elementos de construcciones metálicas, conducciones metálicas, cubiertas metálicas de cables. Esta condición se considera como cumplida si la toma de tierra auxiliar se instala a una distancia suficiente de todo elemento metálico puesto a tierra, tal que quede fuera de la zona de influencia de la puesta a tierra principal.
La unión a esta toma de tierra debe estar aislada, con el fin de evitar todo contacto con el conductor de protección o cualquier elemento que pueda estar conectados a él.
El conductor de protección no debe estar unido más que a las masas de aquellos equipos eléctricos cuya alimentación pueda ser interrumpida cuando el dispositivo de protección funcione en las condiciones de defecto.

5. PUESTAS A TIERRA POR RAZONES FUNCIONALES

Las puestas a tierra por razones funcionales deben ser realizadas de forma que aseguren el funcionamiento correcto del equipo y permitan un funcionamiento correcto y fiable de la instalación.

6. PUESTA A TIERRA POR RAZONES COMBINADAS DE PROTECCIÓN Y FUNCIONALES

Cuando la puesta a tierra sea necesaria a la vez por razones de protección y funcionales, prevalecerán las prescripciones de las medidas de protección.

7. CONDUCTORES CPN (TAMBIÉN DENOMINADOS PEN)

En el esquema TN, cuando en las instalaciones fijas el conductor de protección tenga una sección al menos igual a 10 mm^2, en cobre o aluminio, las funciones de conductor de protección y de conductor neutro pueden ser combinadas, a condición de que la parte de la instalación común no se encuentre protegida por un dispositivo de protección de corriente diferencial residual.
Sin embargo, la sección mínima de un conductor CPN puede ser de 4 mm^2, a condición de que el cable sea de cobre y del tipo concéntrico y que las conexiones que aseguran la continuidad estén duplicadas en todos los puntos de conexión sobre el conductor externo. El conductor CPN concéntrico debe utilizarse a partir del transformador y debe limitarse a aquellas instalaciones en las que se utilicen accesorios concebidos para este fin.
El conductor CPN debe estar aislado para la tensión más elevada a la que puede estar sometido, con el fin de evitar las corrientes de fuga.
El conductor CPN no tiene necesidad de estar aislado en el interior de los aparatos.
Si a partir de un punto cualquiera de la instalación, el conductor neutro y el conductor de protección están separados, no estará permitido conectarlos entre si en la continuación del circuito por detrás de este punto.
En el punto de separación, deben preverse bornes o barras separadas para el conductor de protección y

para el conductor neutro. El conductor CPN debe estar unido al borne o a la barra prevista para el conductor de protección.

8. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm^2. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm^2, si es de cobre.
Si el conductor suplementario de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.
La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

9. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.
Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:
– 24 V en local o emplazamiento conductor.
– 50 V en los demás casos.
Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.
La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece.
Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.
La tabla 3 muestra, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con objeto de obtener una primera aproximación de la resistencia a tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medidos indicados en la tabla 4.
Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia a tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla 5, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno. El conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en condiciones análogas.

Tabla 3. Valores orientativos de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohm · m
Terrenos pantanosos	**de algunas unidades a 30**
Lino	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silicea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 4. Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad en Ohm·m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos.	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes.	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables.	3.000

Tabla 5. Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo.

Electrodo	Resistencia de tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0{,}8\ \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontal	$R = 2\rho/L$

ρ, resistividad del terreno (Ohm·m)
P, perímetro de la placa (m)
L, longitud de la pica o del conductor (m)

10. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

11. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transfor-

mación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia del punto 10, entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considera que las puestas a tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condicione siguientes:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 Ohmios · m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la formula:

$$D = \frac{r\,Id}{2pU}$$

siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros

ρ: resistividad media del terreno en ohmios metro

Id: intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica

U: 1.200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (Id) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto (Vd = Id · Rt) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada, definida en el punto 1.1 de la MIE RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

12. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.
Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté mas seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.
En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES. ITC-BT-19

1. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones contenidas en esta Instrucción se extienden a las instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del articulo 2 y con tensión asignada dentro de los márgenes de tensión fijados en el artículo 4 del presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

2.1. Regla general
La determinación de las características de la instalación deberá efectuarse de acuerdo con lo señalado en la Norma UNE 20.460-3

2.2. Conductores activos
2.2.1. Naturaleza de los conductores
Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-BT-20.

2.2.2. Sección de los conductores. Caídas de tensión
La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión

total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.
Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 ºC. N.º de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos[2] en montajes superficial o empotrados en obra.				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos[2] en montaje superficicial o empotrados en obra.			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared[3].					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre[4]. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D[5].						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo[4] Distancia a la pared no inferior a D[5].							3x PVC			3x XLPE o EPR(1	
G		Cables unipolares separados mínimo de D[5].									3x PVC(1		3x XLPE o EPR
		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821

1) A partir de 25 mm^2 de sección.
2) Incluyendo canales para instalaciones –canaletas– y conductos de sección no circular.
3) O en bandeja no perforada.
4) O en bandeja perforada.
5) D es el diámetro del cable.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.
En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de la fases.

2.2.3. Intensidades máximas admisibles
Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20460-5-523 y su anexo Nacional.
En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40 °C y para distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, así como para conductores enterrados, consultar la Norma UNE 20460-5-523.

2.2.4. Identificación de conductores
Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respeta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todo los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro.
Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

2.3. Conductores de protección
Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54 en su apartado 543. Como ejemplo, para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 2, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación; en

caso que sean de distinto material, la sección se determinará de forma que presente una conductividad equivalente a la que resulta de aplicar la tabla 2.

Tabla 2

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leqslant 16$	S (*)
$16 < S \leqslant 35$	16
$S > 35$	S / 2

(*) Con un mínimo de:
– 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
– 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Para otras condiciones se aplicará la norma UNE 20460-5-54, apartado 543.
En la instalación de los conductores de protección se tendrá en cuenta:
– Si se aplican diferentes sistemas de protección en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto. Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE 20460-3. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.
– No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
– Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella el conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores. Cuando el conductor de protección se instale fuera de esta canalización seguirá el curso de la misma.
– En una canalización móvil todos los conductores incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización.
– En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea como mínimo igual a la que resulte de la aplicación de la Norma UNE 20460-5-54, apartado 543.
– Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contienen una armadura metálica, los conductores de protección se colocarán en los mismos tubos o formarán parte de los mismos cables que los conductores activos.

– Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra los deterioros mecánicos y químicos, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
– Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete. Se considera que los dispositivos que cumplen con la norma UNE-EN 60998-2-1 cumplen con esta prescripción.
– Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo: cobre-aluminio).

2.4. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones de subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a un piso, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.
Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:
– Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
– Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
– Evitar los riesgos que podría resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

2.5. Equilibrado de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

2.6. Posibilidad de separación de la alimentación

Se podrán desconectar de la fuente de alimentación de energía, las siguientes instalaciones:
a) Toda instalación cuyo origen esté en una línea general de alimentación.
b) Toda instalación con origen en un cuadro de mando o de distribución.
Los dispositivos admitidos para esta desconexión, que garantizarán la separación omnipolar excepto en el neutro de las redes TN-C, son:
– Los cortacircuitos fusibles.
– Los seccionadores.

– Los interruptores con separación de contactos mayores de 3 mm o con un nivel de seguridad equivalente.
– Los bornes de conexión, sólo en caso de derivación de un circuito.
Los dispositivos de desconexión se situarán y actuarán en un mismo punto de la instalación, y cuando esta condición resulte de difícil cumplimiento, se colocarán instrucciones o avisos aclaratorios. Los dispositivos deberán ser accesibles y estarán dispuestos de forma que permitan la fácil identificación de la parte de la instalación que separan.

2.7. Posibilidad de conectar y desconectar en carga

Se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga en una sola maniobra, en:
a) Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios. Podrán exceptuarse de esta prescripción los circuitos destinados a relojes, a rectificadores para instalaciones telefónicas cuya potencia nominal no exceda de 500 VA y los circuitos de mando o control, siempre que su desconexión impida cumplir alguna función importante para la seguridad de la instalación. Estos circuitos podrán desconectarse mediante dispositivos independientes del general de la instalación.
b) Cualquier receptor.
c) Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía.
d) Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.
e) Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión.
f) Toda instalación de locales que presenten riesgo de incendio o de explosión.
g) Las instalaciones a la intemperie.
h) Los circuitos con origen en cuadros de distribución.
i) Las instalaciones de acumuladores.
j) Los circuitos de salida de generadores.
Los dispositivos admitidos para la conexión y desconexión en carga son:
– Los interruptores manuales.
– Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, o cualquier otro sistema aislado que permita estas maniobras siempre que tenga poder de corte y de cierre adecuado e independiente del operador.
– Las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 16 A.
Deberán ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:
– Los situados en el cuadro general y secundarios de toda instalación interior o receptora.
– Los destinados a circuitos excepto en sistemas de distribución TN-C, en los que el corte del conductor neutro está prohibido y excepto en los TN-S en los que se pueda asegurar que el conductor neutro está al potencial de tierra.
– Los destinados a receptores cuya potencia sea superior

a 1.000 W, salvo que prescripciones particulares admitan corte no omnipolar.
– Los situados en circuitos que alimenten a lámparas de descarga o autotransformadores.
– Los situados en circuitos que alimenten a instalaciones de tubos de descarga en alta tensión.
En los demás casos, los dispositivos podrán no ser corte omnipolar.
El conductor neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corte se establezca por interruptores omnipolares.

2.8. Medidas de protección contra contactos directos o indirectos

Las instalaciones eléctricas se establecerán de forma que no supongan riesgo para las personas y los animales domésticos tanto en servicio normal como cuando puedan presentarse averías previsibles.
En relación con estos riesgos, las instalaciones deberán proyectarse y ejecutarse aplicando las medidas de protección necesarias contra los contactos directos e indirectos.
Estas medidas de protección son las señaladas en la Instrucción ITC-BT-24 y deberán cumplir lo indicado en la UNE 20460, parte 4-41 y parte 4-47.

2.9. Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla 3.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MW)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	⩾ 0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior.	500	⩾ 0,50
Superior a 500 V	1.000	⩾ 1,00

Nota: para instalaciones MBTS y MBTP, véase la ITC-BT-36.

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 metros. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda.
Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de

toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.
El aislamiento se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante un generador de corriente continua capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.
Durante la medida, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual están unidos habitualmente. Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro, se suprimirán estas conexiones durante la medida, restableciendose una vez terminada ésta.
Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fases y el neutro estarán unidos entre sí durante las medidas.
La medida de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo a ésta el polo positivo del generador y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición "paro", asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción se pondrán en posición de "cerrado" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del generador.
Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resulta inferior al valor mínimo que le corresponda, se admitirá que la instalación es, no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:
– Cada apartado receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la norma UNE que le concierne o en su defecto 0,5 MΩ.
– Desconectados los apartados receptores, la instalación presenta la resistencia de aislamiento que le corresponda.
La medida de la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos en la misma posición que la señalada anteriormente para la medida del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.
Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de 2U + 1.000 voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 voltios. Este ensayo se realizará

para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.
Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en posición "cerrado" y los cortacircuitos instalados como en servicio normal. Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.
Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

2.10. Bases de toma de corriente
Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo indicado en las figuras C2a, C3a o ESB 25-5a de la norma UNE 20315.
El tipo indicado en la figura C3a queda reservado para instalaciones en las que se requiera distinguir la fase del neutro, o disponer de una red de tierras específica.
En instalaciones diferentes de las indicadas en la ITC-BT-25 para viviendas, además se admitirán las bases de toma de corriente indicadas en la serie de normas UNE-EN 60309.
Las bases móviles deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1a, C2a o C3a de la norma UNE 20315.
Las clavijas utilizadas en los cordones prolongadores deberán ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b.
Las bases de toma de corriente del tipo indicado en las figuras C1a, las ejecuciones fijas de las figuras ESB 10-5a y ESC 10-1a, así como las clavijas de las figuras ESB 10-5b y C1b, recogidas en la norma UNE 20315, solo podrán comercializarse e instalarse para reposición de las existentes.

2.11. Conexiones
En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, si no que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse a si mismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación salvo en los casos indicados en el apartado 3.1. de la ITC-BT-21. Si se trata de conductores de varios alambres trenzados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes y si el sistema adoptado es de tornillo de

apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm^2 deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. ITC-BT-20 Sistema de instalación

1. GENERALIDADES

Los sistemas de instalación que se describen en esta Instrucción Técnica deberán tener en consideración los principios fundamentales de la norma UNE 20460-5-52.

2. SISTEMAS DE INSTALACIÓN

La selección del tipo de canalización en cada instalación particular se realizará escogiendo, en función de las influencias externas, el que se considere más adecuado de entre los descritos para conductores y cables en la norma UNE 20460-5-52.

2.1. Prescripciones generales

Circuitos de potencia.
Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimiento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.
Separación de circuitos.
No deben instalarse circuitos de potencia y circuitos de muy baja tensión de seguridad (MBTS o MBTP) en las mismas canalizaciones, a menos que cada cable esté aislado para la tensión más alta presente o se aplique una de las disposiciones siguientes:
– Que cada conductor de un cable de varios conductores esté aislado para la tensión más alta presente en el cable.
– Que los cables estén aislados para su tensión e instalados en un compartimiento separado de un conducto o de una canal, si la separación garantiza el nivel de aislamiento requerido para la tensión más elevada.

2.1.1. Disposiciones

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.
Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las dis-

posiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.
Las canalizaciones eléctricas y las no eléctricas sólo podrán ir dentro de un mismo canal o hueco en la construcción, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:
a) La protección contra contactos indirectos estará asegurada por alguno de los sistemas señalados en la Instrucción ITC-BT-24, considerando a las conducciones no eléctricas, cuando sean metálicas, como elementos conductores.
b) Las canalizaciones eléctricas estarán convenientemente protegidas contra los posibles peligros que pueda presentar su proximidad a canalizaciones, y especialmente se tendrá en cuenta:
– La elevación de la temperatura, debida a la proximidad con una conducción de fluido caliente.
– La condensación
– La inundación, por avería en una conducción de líquidos; en este caso se tomarán todas las disposiciones convenientes para asegurar su evacuación.
– La corrosión, por avería en una conducción que contenga un fluido corrosivo.
– La explosión, por avería en una conducción que contenga un fluido inflamable.
– La intervención por mantenimiento o avería en una de las canalizaciones puede realizarse sin dañar al resto.

2.1.2. Accesibilidad
Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Estas posibilidades no deben ser limitadas por el montaje de equipos en las envolventes o en los compartimientos.

2.1.3. Identificación
Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc. Por otra parte, el conductor neutro o compensador, cuando exista, estará claramente diferenciado de los demás conductores.
Las canalizaciones pueden considerarse suficientemente diferenciadas unas de otras, bien por la naturaleza o por el tipo de los conductores que la componen, o bien por sus dimensiones o por su trazado. Cuando la identificación pueda resultar difícil, debe establecerse un plano de la instalación que permita, en todo momento, esta identificación mediante etiquetas o señales de aviso indelebles y legibles.

2.2. Condiciones particulares
Los sistemas de instalación de las canalizaciones en función de los tipos de conductores o cables deben

estar de acuerdo con la tabla 1, siempre y cuando las influencias externas estén de acuerdo con las prescripciones de las normas de canalizaciones correspondientes. Los sistemas de instalación de las canalizaciones, en función de la situación deben estar de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 1. Elección de las canalizaciones.

Conductores y cables		**Sistemas de instalación**							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Conductores desnudos		-	-	-	-	-	-	+	-
Conductores aislados		-	-	+	*	+	-	+	-
Cables con cubierta	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+

+ : Admitido.
– : No admitido.
0 : No aplicable o no utilizado en la práctica.
* : Se admiten conductores aislados si la tapa sólo puede abrirse con un útil o con una acción manual importante y la canal es IP 4X o IP XXD.

Tabla 2. Situación de las canalizaciones.

Situaciones		**Sistemas de instalación**							
		Sin fijación	Fijación directa	Tubos	Canales y molduras	Conductos de sección no circular	Bandejas de escalera Bandejas soportes	Sobre aisladores	Con fiador
Huecos de la construcción	Accesibles	+	+	+	+	+	+	-	0
	No accesibles	+	0	+	0	+	0	-	-
Canal de obra		+	+	+	+	+	+	-	-
Enterrados		+	0	+	-	+	0	-	-
Empotrados en estructuras		+	+	+	+	+	0	-	-
En montaje superficial		-	+	+	+	+	+	+	-
Aéreo		-	-	(*)	+	-	+	+	+

+ : Admitido.
– : No admitido.
0 : No aplicable o no utilizado en la práctica.
* : No se utiliza en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida.

2.2.1. Conductores aislados bajo tubos protectores
Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V y los tubos cumplirán lo establecido en la ITC-BT-21.

2.2.2. Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral). Estas instalaciones se realizarán de acuerdo a la norma UNE 20460-5-52.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

– Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.

– Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,4 metros.

– Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.

– Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.

– Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.

– Los puntos de fijación de los cables estarán suficientemente próximos para evitar que esta distancia pueda quedar disminuida. Cuando el cruce de los cables requiera su empotramiento para respetar la separación mínima de 3 cm, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.1. de la presente instrucción. Cuando el cruce se realice bajo molduras, se seguirá lo dispuesto en el apartado 2.2.8. de la presente instrucción.

– Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

– Los cables con aislamiento mineral, cuando lleven cubiertas metálicas, no deberán utilizarse en locales que puedan presentar riesgo de corrosión para las cubiertas metálicas de estos cables, salvo que esta cubierta esté protegida adecuadamente contra la corrosión.

– Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmonta-bles que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento de la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

2.2.3. Conductores aislados enterrados
Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada de 0,6/1 kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en las Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

2.2.4. Conductores aislados directamente empotrados en estructuras
Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de –5 °C y 90 °C respectivamente (por ejemplo con polietileno reticulado o etileno-propileno).

2.2.5. Conductores aéreos
Los conductores aéreos no cubiertos en 2.2.2. cumplirán lo establecido en la ITC-BT-06.

2.2.6. Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción
Estas canalizaciones están constituidas por cables colocados en el interior de huecos de la construcción según UNE 20460-5-52. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.
Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.
Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire. En el caso de conductos continuos, éstos no podrán destinarse simultáneamente a otro fin (ventilación, etc.).
La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.
Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.
Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.
La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones. Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles,

disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.
Normalmente, como los cables solamente podrán fijarse en puntos bastante alejados entre sí, puede considerarse que el esfuerzo resultante de un recorrido vertical libre no superior a 3 metros quede dentro de los límites admisibles. Se tendrá en cuenta al disponer de puntos de fijación que no debe quedar comprometida ésta, cuando se suelten los bornes de conexión especialmente en recorridos verticales y se trate de bornes que están en su parte superior.
Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.
Cuando no se tomen las medidas para evitar los riesgos anteriores, las canalizaciones cumplirán las prescripciones establecidas para las instalaciones en locales húmedos e incluso mojados que pudieran afectarles.

2.2.7. Conductores aislados bajo canales protectoras
La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.
Las canales deberán satisfacer lo establecido en la ITC-BT-21.
En las canales protectoras de grado de protección a IP 4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas”, según la Norma UNE-EN 50085-1, se podrá:
a) Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V.
b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
c) Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.
En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como “canales con tapa de acceso que pueden abrirse sin herramientas”, según la norma UNE-EN 50085-1, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

2.2.8. Conductores aislados bajo molduras
Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos,

temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.
Las molduras podrán ser reemplazadas por guarniciones de puertas, astrágalos o rodapiés ranurados, siempre que cumplan las condiciones impuestas para las primeras.
Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:
– Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
– La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm^2 serán, como mínimo, de 6 mm.
Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:
– Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
– Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de estos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
– En caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
– Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
– Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
– Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
– Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

2.2.9. Conductores aislados en bandejas o soporte de bandejas
Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20460-5-52.

2.2.10. Canalizaciones eléctricas prefabricadas

Deberán tener un grado de protección adecuado a las características del local por el que discurren.

Las canalizaciones prefabricadas para iluminación deberán ser conformes con las especificaciones de las normas de las serie UNE-EN 60570.

Las características de las canalizaciones de uso general deberán ser conformes con las especificaciones de la norma UNE-EN 60439-2.

3. PASO A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

– En toda la longitud de los pasos de canalizaciones no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables.

– Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.

– Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local menos húmedo, curvándolos convenientemente en su extremo hacia el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará en el extremo del tubo una pipa de porcelana o vidrio, o de otro material aislante adecuado, dispuesta de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.

– En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.

– Para la protección mecánica de los cables en la longitud del paso, se dispondrán éstos en el interior de tubos normales cuando aquella longitud no exceda de 20 cm y si excede, se dispondrán tubos conformes a la tabla 3 de la Instrucción ITC-BT-21. Los extremos de los tubos metálicos sin aislamiento interior estarán provistos de boquillas aislantes de bordes redondeados o de dispositivo equivalente, o bien los bordes de los tubos estarán convenientemente redondeados, siendo suficiente para los tubos metálicos con aislamiento interior que este último sobresalga ligeramente del mismo. También podrán emplearse para proteger los conductores los tubos de vidrio o porcelana o de otro material aislante adecuado de suficiente resistencia mecánica. No necesitan protección suplementaria los cables provistos de una armadura metálica ni los cables con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por materiales de los elementos a atravesar.

– Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso las separaciones indicadas para el tipo de canalizaciones de que se trate.
– Los pasos con conductores aislados bajo molduras no excederán de 20 cm; en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
– En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo una altura al menos igual a la de los rodapiés, si existen, o a 10 centímetros en otro caso.
Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible, de clase y resistencia al fuego, como mínimo, igual a la de los materiales de los elementos que atraviesa.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. ITC-BT-21

1. TUBOS PROTECTORES

1.1. Generalidades

Los tubos protectores pueden ser:
– Tubo y accesorios metálicos.
– Tubo y accesorios no metálicos.
– Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).
Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:
UNE-EN 50086-2-1: Sistemas de tubos rígidos.
UNE-EN 50086-2-2: Sistemas de tubos curvables.
UNE-EN 50086-2-3: Sistemas de tubos flexibles.
UNE-EN 50086-2-4: Sistemas de tubos enterrados.
Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.
La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.
Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50086-2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.
En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

1.2. Características mínimas de los tubos, en función del tipo de instalación

1.2.1. Tubos en canalizaciones fijas en superficie

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en los casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características mínimas para tubos en canalizaciones superficiales ordinarias fijas.

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 ºC
Resistencia al curvado	1 - 2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1 - 2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ⩾ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia ala propagación-de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

El cumplimiento de estas características se realizarán según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50086-2-1, para tubos rígidos y UNE-EN50086-2-2, para tubos curvables. Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la tabla 2 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 2. Diámetro exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	35
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	-
185	50	63	75	-	-
240	50	75	-	-	-

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 2,5 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.2. Tubos en canalizaciones empotradas

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas se describen en la tabla 3 para tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra y en la tabla 4 para tubos empotrados embebidos en hormigón.

Las canalizaciones ordinarias precableadas destinadas a ser empotradas en ranuras realizadas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) serán flexibles o curvables y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 4.

Tabla 3. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra.

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 ºC
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ⩾ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 4. Características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas.

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 ºC[1]
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protección contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

[1] Para canalizaciones precableadas ordinarias empotra-

das en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos) se acepta una temperatura máxima de instalación y servicio código 1; +60 ºC.
El cumplimiento de las características indicadas en las tablas 3 y 4 se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50086-2-1, para tubos rígidos, 50.086-2-2, para tubos curvables y UNE-EN 50086-2-3, para tubos flexibles.
Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 5 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 5. Diámetro exterior mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	-
150	50	63	75	-	-
185	50	75	-	-	-
240	63	75	-	-	-

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.3. Canalizaciones aéreas o con tubos al aire
En canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la Tabla 6.
Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductores superiores a 16 mm^2.

Tabla 6. Características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas.

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	–5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 ºC
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1 - 2	Continuidad/aislado
Resitencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ⩾ 1 mm.
Resistencia a la penetración	2	Protegido contra las gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15º
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior mediana y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50086-2-3.
Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 7 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 7. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será, como mínimo igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

1.2.4. Tubos en canalizaciones enterradas

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores se-rán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50086-2-4 y sus características mínimas serán, para las instalaciones ordinarias las indicadas en la tabla 8.

Tabla 8. Características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas.

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N /450 N /750 N*
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1 - 2 3 - 4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resitencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D ⩾ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:

NA : No aplicable

(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en el suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en el suelo pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en la norma UNE-EN 50086-2-4.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la Tabla 9 figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Tabla 9. Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	⩽ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	-

Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.

2. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado a continuación y en su defecto lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

2.1. Prescripciones generales

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

– El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

– Los tubos se unirán entre si mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

– Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre si en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

– Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN 50086-2-2.

– Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos

y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
– Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
– Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas del material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, como un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacerse estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas a racores adecuados.
– En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refieren a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN 60998.
– Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bornes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
– En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una “T” de la que uno de los brazos no se emplea.
– Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos

metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
– No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
– Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.
– A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes extremas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:
• Pantallas de protección calorífuga.
• Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
• Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
• Modificación del material aislante a emplear.

2.2. Montaje fijo en superficie
Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:
– Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
– Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
– En alienaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
– Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
– En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 centímetros.

2.3. Montaje fijo empotrado
Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:
– En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

Elementos constructivos	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*).	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción.	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento.	Observaciones
Muros de:				
ladrillo macizo.....	Sí	X	Sí	
ladrillo hueco, siendo el nº de huecos en sentido transversal:				
– uno.....	Sí	X	Sí	Únicamente en rozas verticales y en las horizontales situadas a una distancia del borde superior del muro inferior a 50 cm. La roza, en profundidad, sólo interesará a un tabiquillo de hueco de ladrillo. No se colocarán los tubos en diagonal
– dos o tres.....	Sí	X	Sí	
– más de tres.....	Sí	X	Sí	
bloques macizos de hormigón	Sí	X	X	
bloques huecos de hormigón	Sí	X	No	
hormigón en masa.....	Sí	Sí	X	
hormigón armado.....	Sí	Sí	X	
Forjados:				
placas de hormigón.....	Sí	Si	No	
forjados con nervios.....	Sí	Si	No	
forjados con nervios y elementos de relleno.....	Sí	Si	No(**)	
forjados con viguetas y bovedillas.....	Sí	Si	No(**)	(**) Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en un hueco longitudinal del mismo.
forjados con viguetas y tableros y revoltón.....	Sí	Si	No(**)	
de rasilla.....	Sí	Si	No	

X: Difícilmente aplicable en la práctica.
(*): Tubos blindados únicamente.
– En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer de recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

2.4. Montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrá en cuenta las siguientes prescripciones:
La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.
Se presentará especial atención para que las características de la instalación establecidas en la tabla 6 se conserven en todo el sistema especialmente en las conexiones.

3. CANALES PROTECTORAS

3.1. Generalidades

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no perforadas, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable, según se indica en la ITC-BT-01 "Terminología".

Las canales serán conformes a lo dispuesto en las normas de la serie UNE-EN 50085 y se clasificarán según lo establecido en la misma.

Las características de protección deben mantenerse en todo el sistema. Para garantizar éstas, la instalación debe realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

En las canales protectoras de grado IP4X o superior y clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo puede abrirse con herramientas" según la norma UNE-EN 50085-1, se podrá:

a) Utilizar conductor aislado, de tensión asignada 450/750 V.

b) Colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., en su interior, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

c) Realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

En las canales protectoras de grado de protección inferior a IP4X o clasificadas como "canales con tapa de acceso que puede abrirse sin herramientas", según la norma UNE-EN 50085-1, sólo podrá utilizarse conductor aislado bajo cubierta estanca, de tensión asignada mínima 300/500 V.

3.2. Características de las canales

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de las canales serán las indicadas en la tabla 11.

Tabla 11. Características mínimas para canalizaciones superficiales ordinarias.

Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	⩽ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 ºC	–5 ºC
Temperatura máxima de instalación y servicio.	+ 60 ºC	+ 60 ºC
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/ aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50085.
El número máximo de conductores que pueden ser alojados en el interior de una canal será el compatible con un tendido fácilmente realizable y considerando la incorporación de accesorios en la misma canal.
Salvo otras prescripciones en instrucciones particulares, las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50085.

4. INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS CANALES

4.1. Prescripciones generales
– La instalación y puesta en obra de las canales protectoras deberá cumplir lo indicado en la norma UNE 20460-5-52 y en las Instrucciones ITC-BT-19 e ITC-BT-20.
– El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.
– Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.
– No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro, salvo lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-18 para canalizaciones prefabricadas.
– La tapa de las canales quedará siempre accesible.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES. ITC-BT-22.

1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

1.1. Protección contra sobreintensidades
Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.
Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:
– Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
– Cortocircuitos.
– Descargas eléctricas atmosféricas.
a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con una curva térmica de corte, o por cortocircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
b) Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.
Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.
La norma UNE 20460-4-43 recoge en su articulado todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección en sus apartados:
432 - Naturaleza de los dispositivos de protección.
433 - Protección contra las corrientes de sobrecarga.
434 - Protección contra las corrientes de cortocircuito.
435 - Coordinación entre la protección contra las sobrecargas y la protección contra cortocircuitos.
436 - Limitación de las sobreintensidades por las características de alimentación.

1.2. Aplicación de las medidas de protección

La norma UNE 20460-4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20460-4-43 según por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión, resumiendo los diferentes casos en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Circuitos	3F + N								3F			F + N		2F	
	$S_N > S_F$				$S_N < S_F$										
Esquemas	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	F	F	N	F	F
TN - C	P	P	P	-	P	P	P	(1)	P	P	P	P	-	P	P
TN - S	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P	P	-	P	P
TT	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P (2)(4)	P	-	P	P (2)
IT	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P	P (6)(3)	P	P (2)

Notas:
P: significa que debe preverse un dispositivo de protección (detección) sobre el conductor correspondiente.
S_N: sección del conductor neutro.
S_F: sección del conductor de fase.
(1): admisible si el conductor de neutro está protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que corre el conductor neutro en servicio normal es netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.
(2): excepto cuando haya protección diferencial.
(3): en este caso el corte y la conexión del conductor de

neutro debe ser tal que el conductor neutro no sea cortado antes que los conductores de fase y que se conoce al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.
(4): en el esquema TT sobre los circuitos alimentados entre fases y en los que el conductor neutro no es distribuido, la detección de sobreintensidades puede no estar prevista sobre uno de los conductores de fase, si existe sobre el mismo circuito aguas arriba, una protección diferencial que corte todos los conductores de fase y si no existe distribución del conductor de neutro a partir de un punto neutro artificial en los circuitos situados aguas abajo del dispositivo de protección diferencial antes mencionado.
(5): salvo que el conductor de neutro esté protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que recorre el conductor neutro en servicio normal sea netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.
(6): salvo si el conductor neutro esta efectivamente protegido contra los cortocircuitos o si existe aguas arriba una protección diferencial cuya corriente diferencial residual nominal sea como máximo igual a 0,15 veces la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe cortar todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro.

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES. ITC-BT-23

1. Objeto y campo de aplicación

Esta instrucción trata de la protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se tramiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.
El nivel de sobretensión que puede aparecer en la red es función del: nivel isoceraúnico estimado, tipo de acometida aérea o subterránea, proximidad del transformador de MT/BT, etc. La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio es función de:
– La coordinación del aislamiento de los equipos.
– Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación.
– La existencia de una adecuada red de tierras.
Esta instrucción contiene las indicaciones a considerar para cuando la protección contra sobretensiones está prescrita o recomendada en las líneas de alimentación principal 230/400 V en corriente alterna, no contemplándose en la misma otros casos como, por ejemplo, la protección de señales de medida, control y telecomunicación.

2. CATEGORÍA DE LAS SOBRETENSIONES

2.1. Objeto de las categorías

Las categorías de sobretensiones permiten distinguir los diversos grados de tensión soportada a las sobretensiones en cada una de las partes de la instalación, equipos y receptores. Mediante una adecuada selección de la categoría, se puede lograr la coordinación del aislamiento necesario en el conjunto de la instalación, reduciendo el riesgo de fallo a un nivel aceptable y proporcionando una base para el control de la sobretensión.

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos. La reducción de las sobretensiones de entrada a valores inferiores a los indicados en cada categoría se consigue con una estrategia de protección en cascada que integra tres niveles de protección: basta, media y fina, logrando de esta forma un nivel de tensión residual no peligroso para los equipos y una capacidad de derivación de energía que prolonga la vida y efectividad de los dispositivos de protección.

2.2. Descripción de las categorías de sobretensiones

En la tabla 1 se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

Categoría I.

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija. En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Ejemplo: ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.

Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija.

Ejemplo: electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares.

Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad.

Ejemplo: armarios de distribución, embarrados, aparamenta (interruptores, seccionadores, tomas de corriente...), canalizaciones y sus accesorios (cables, caja de derivación..), motores con conexión eléctrica fija (ascensores, máquinas industriales...), etc.

Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución.

Ejemplo: contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.

3. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS SOBRETENSIONES

Es preciso distinguir dos tipos de sobretensiones:
– Las producidas como consecuencia de la descarga directa del rayo. Esta instrucción no trata este caso.
– Las debidas a la influencia de la descarga lejana del rayo, conmutaciones de la red, defectos de red, efectos inductivos, capacitativos, etc.
Se pueden presentar dos situaciones diferentes:
– Situación natural: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.
– Situación controlada: cuando es preciso la protección contra sobretensiones transitorias.

3.1. Situación Natural

Cuando se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en una instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad), se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos se indica en la Tabla 1 y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.
Una línea aérea constituida por conductores aislados con pantalla metálica unida a tierra en sus dos extremos, se considera equivalente a una línea subterránea.

3.2. Situación controlada

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.
El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.
También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (por ejemplo, continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).
Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se vayan a instalar.
En redes TT o IT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación. En redes TN-S, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores de fase y el conductor de protección. En redes TN-C, los descargadores se conectarán entre cada uno

de los conductores de fase y el neutro o compensador. No obstante se permiten otras formas de conexión, siempre que se demuestre su eficacia.

4. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES EN LA INSTALACIÓN

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla 1, según su categoría. Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la Tabla 1, se pueden utilizar no obstante:
– En situación natural.
– En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.
– Cuando el riesgo sea aceptable.

Tabla 1.

Tensión nominal de la instalación		**Tensión soportada a impulsos 1,2 / 50 (kV)**			
Sistemas		Categorías			
Trifásicos	Monofásicos	IV	III	II	I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
1.000		8	6	4	2,5

INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS. ITC-BT-24

1. INTRODUCCIÓN

La presente Instrucción describe las medidas destinadas a asegurar la protección de las personas y animales domésticos contra los choques eléctricos.
En la protección contra los choques eléctricos se aplicarán las medidas apropiadas:
– Para la protección contra los contactos directos y contra los contactos indirectos.
– Para la protección contra contactos directos.
– Para la protección contra contactos indirectos.

2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

La protección contra los choques eléctricos para contactos directos e indirectos a la vez se realiza mediante la utilización de muy baja tensión de seguridad MBTS, que debe cumplir las siguientes condiciones:
– Tensión nominal en el campo I de acuerdo a la norma UNE 20481 y la ITC-BT-36.
– Fuente de alimentación de seguridad para MBTS de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 20460-4-41.
– Los circuitos de instalaciones para MBTS, cumplirán lo que se indica en la Norma UNE 20460-4-41 y en la ITC-BT-36.

3. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.
Salvo indicación contraria, los medios a utilizar vienen expuestos y definidos en la norma UNE 20460-4-41, que son habitualmente:
– Protección por aislamiento de las partes activas.
– Protección por medio de barreras o envolventes.
– Protección por medio de obstáculos.
– Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
– Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

3.1. Protección por aislamiento de las partes activas

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.
Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se considera que constituyan un aislamiento suficiente en el marco de las protecciones contra los contactos directos.

3.2. Protección por medio de barreras o envolventes

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean , como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE 20324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.
Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.
Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.
Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:
– Con la ayuda de una llave o de una herramienta.
– Después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser establecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes.
– Si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

3.3. Protección por medio de obstáculos

Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado.

Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios por una tentativa deliberada de salvar el obstáculo.

Los obstáculos deben impedir:

– Un acercamiento físico no intencionado a las partes activas.

– Los contactos no intencionados con las partes activas en el caso de intervenciones en equipos bajo tensión durante el servicio.

Los obstáculos pueden ser desmontables sin la ayuda de una herramienta o de una llave; no obstante, deben estar fijados de manera que se impida todo desmontaje involuntario.

3.4. Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento

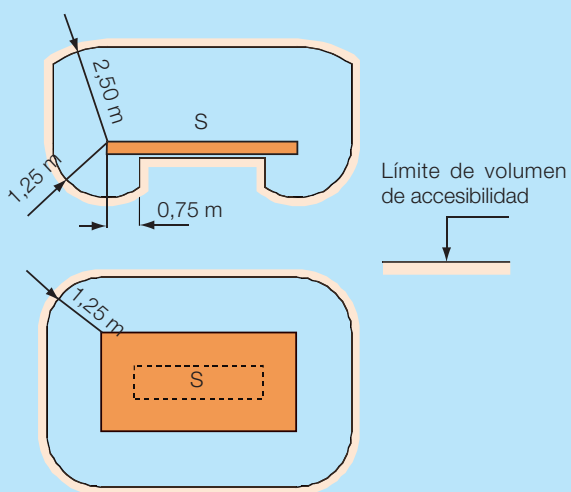
Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado.

La puesta fuera de alcance por alejamiento está destinada solamente a impedir los contactos fortuitos con las partes activas.

Las partes accesibles simultáneamente, que se encuentran a tensiones diferentes no deben encontrarse dentro del volumen de accesibilidad.

El volumen de accesibilidad de las personas se define como el situado alrededor de los emplazamientos en los que pueden permanecer o circular personas, y cuyos límites no pueden ser alcanzados por una mano sin medios auxiliares. Por convenio, este volumen está limitado conforme a la figura 1, entendiendo que la altura que limita el volumen es 2,5 m.

Figura 1.- Volumen de accesibilidad.



3.5. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual

Cuando el espacio en el que permanecen y circulan normalmente personas está limitado por un obstáculo (por ejemplo, listón de protección, barandillas, panel enrejado) que presenta un grado de protección inferior al IP2X o IP XXB, según UNE 20324, el volumen de accesibilidad comienza a partir de este obstáculo.
En los emplazamientos en que se manipulen corrientes objetos conductores de gran longitud o voluminosos, las distancias prescritas anteriormente deben aumentarse teniendo en cuenta las dimensiones de estos objetos.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.
El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior a igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.
Cuando se prevea que las corrientes diferenciales puedan ser no senoidales (como por ejemplo en salas de radiología intervencionista), los dispositivos de corriente diferencial-residual utilizados serán de clase A que aseguran la desconexión para corrientes alternas senoidales así como para corrientes continuas pulsantes.
La utilización de tales dispositivos no constituye por si mismo una medida de protección completa y requiere el empleo de una de las medidas de protección enunciadas en los apartados 3.1. a 3.4. de la presente instrucción.

4. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS.

Esta protección se consigue mediante la aplicación de algunas de las medidas siguientes:

4.1. Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.
Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.
El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE 20572-1.
La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados,

como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.
Se describen a continuación aquellos aspectos más significativos que deben reunir los sistemas de protección en función de los distintos esquemas de conexión de la instalación, según la ITC-BT-08 y que la norma UNE 20460-4-41 define cada caso.

4.1.1. Esquemas TN, características y prescripciones de los dispositivos de protección

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.
Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de manera que, si se produce en un lugar cualquiera un fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente: $Z_s \times I_a \leqslant U_o$ donde:
Z_s es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.
I_a es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo como máximo igual al definido en la tabla 1 para tensión nominal igual a U_0. En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente diferencial asignada.
U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Tabla 1.

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

En la norma UNE 20460-4-41 se indican las condiciones especiales que deben cumplirse para permitir tiempos de interrupción mayores o conducciones especiales de instalación.
En el esquema TN pueden utilizarse los dispositivos de protección siguientes:
– Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
Cuando el conductor neutro y el conductor de protección sean comunes (esquemas TN-C), no podrá utilizarse dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial-residual en esquemas TN-C-S, no debe utilizarse un conductor CPN aguas abajo. La conexión del conductor de protección al conductor CPN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial-residual.
Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial residual temporizada (por ejemplo del tipo "S") en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general.

Figura 2. Esquema TN-C.

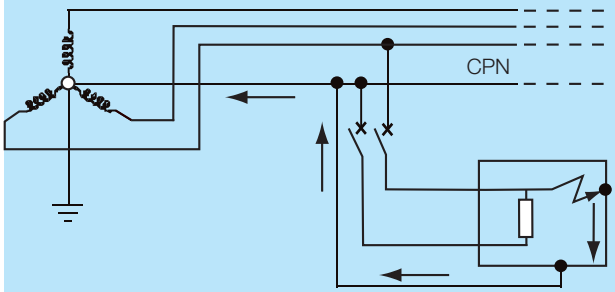
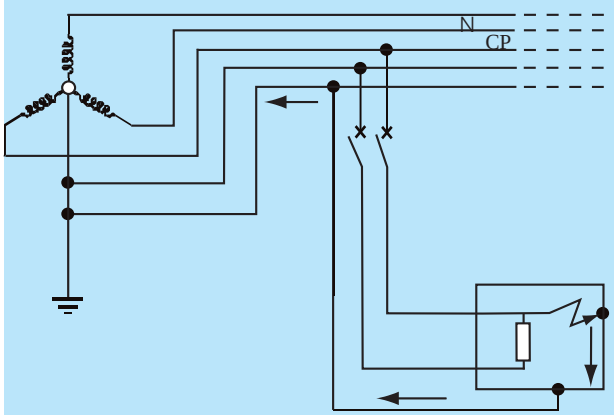


Figura 3. Esquema TN-S.

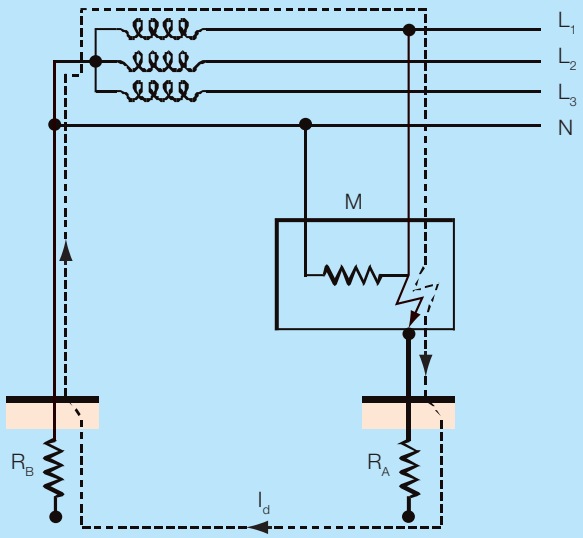


4.1.2. Esquemas TT, características y prescripciones de los dispositivos de protección

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.
El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.
Se cumplirá la siguiente condición: $R_A \times I_a \leq U$ donde:

R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
U es la tensión de contacto límite convencional (50, 24 V u otras, según los casos).
En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
– Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos. Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_a tiene un valor muy bajo.
Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra las sobreintensidades, debe ser:
– Un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso e I_a debe ser la corriente que asegura el funcionamiento automático en 5 s como máximo.
– Un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea e I_a debe ser la corriente que asegura el funcionamiento instantáneo.
La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales cuando no puedan utilizarse los dispositivos de protección antes señalados.
Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada (por ejemplo del tipo "S") en serie con dispositivos de protección diferencial-residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1s.

Figura 4 Esquema TT.



4.1.3. Esquemas IT.
Características y prescripciones de los dispositivos de protección

En el esquema IT, la instalación debe estar aislada de tierra o conectada a tierra a través de una impedancia de valor suficientemente alto. Esta conexión se efectúa bien sea en el punto neutro de la instalación, si está montada en estrella, o en un punto neutro artificial. Cuando no exista ningún punto de neutro, un conductor de fase puede conectarse a tierra a través de una impedancia.

En caso de que exista un sólo defecto a masa o tierra, la corriente de fallo es de poca intensidad y no es imperativo el corte. Sin embargo, se deben tomar medidas para evitar cualquier peligro en caso de aparición de dos fallos simultáneos. Ningún conductor activo debe conectarse directamente a tierra en la instalación.

Las masas deben conectarse a tierra, bien sea individualmente o por grupos.

Debe ser satisfecha la condición siguiente: $R_A \times I_d \leq U_L$ donde:

R_A es la suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

I_d es la corriente de defecto en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y una masa. Este valor tiene en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica.

U_L es la tensión de contacto límite convencional (50, 24 V u otras, según los casos).

C_1; C_2; C_3 Capacidad omopolar de los conductores respecto de tierra.

Figura 5. Esquema IT aislado de tierra.

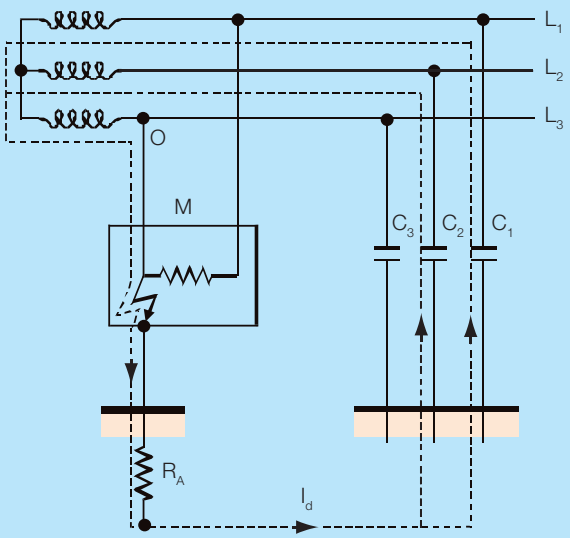
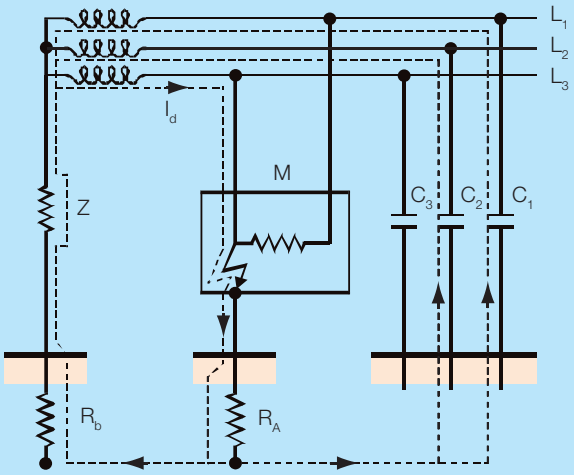


Figura 6. Esquema IT unido a tierra por impedancia Z y con las puestas a tierra de la alimentación y de las masas separadas.



En el esquema IT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:
– Controladores permanentes de aislamiento.
– Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
– Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.
Si se ha previsto un controlador permanente de primer defecto para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o a tierra, debe activar una señal acústica o visual.
Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en un segundo defecto deben ser las siguientes:
– Cuando se pongan a tierra masas por grupos o individualmente, las condiciones de protección son las del esquema TT, salvo que el neutro no debe ponerse a tierra.
– Cuando las masas estén interconectadas mediante un conductor de protección, colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN, con protección mediante un dispositivo contra sobreintensidades de forma que se cumplan las condiciones siguientes:
a) Si el neutro no está distribuido: $2 \times Z_s \times I_a \leqslant U$
b) Si el neutro está distribuido: $2 \times Z_s' \times I_a \leqslant U_0$
donde:
Z_s es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor de fase y el conductor de protección.
Z_s' es la impedancia del bucle de defecto constituido por el conductor neutro, el conductor de protección y el de fase.
I_a es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección de la instalación en un tiempo t, según la tabla 2, o tiempos superiores, con 5 segundos como máximo, para aquellos casos especiales contemplados en la norma UNE 20460-4-41.

U es la tensión entre fases, valor eficaz en corriente alterna. U_0 es la tensión entre fase y neutro, valor eficaz en corriente alterna.

Tabla 2.

Tensión nominal de la instalación (U_0/U)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1.000	0,1	0,2

Figura 7. Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro no distribuido.

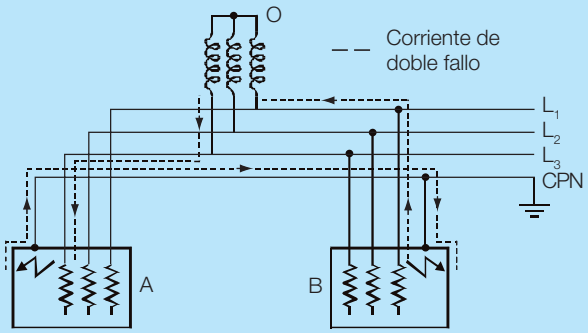
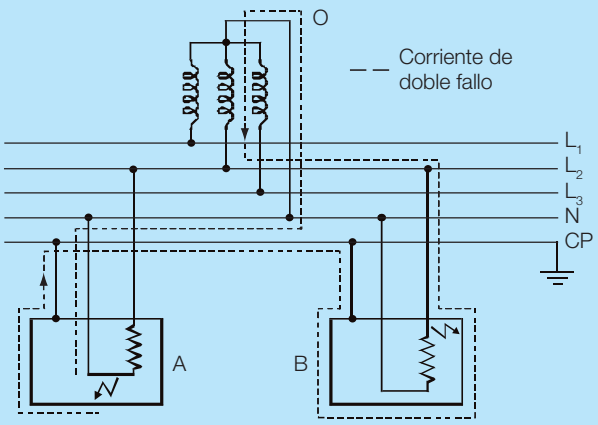


Figura 8. Corriente de segundo defecto en el esquema IT con masa conectadas a la misma toma de tierra y neutro distribuido.



Si no es posible utilizar dispositivos de protección contra sobreintensidades de forma que se cumpla lo anterior, se utilizarán dispositivos de protección de corriente diferencial-residual para cada aparato de utilización o se realizará una conexión equipotencial complementaria según lo dispuesto en la norma UNE 20460-4-41.

4.2. Protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:

– Utilización de equipos con un aislamiento doble reforzado (clase II).

– Conjuntos de aparamenta construidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).

– Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aíslen equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.

– Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aíslen las partes activas descubiertas, cuando por construcción no sea posible la utilización de un doble aislamiento.

La norma UNE 20460-4-41 describe el resto de características y revestimiento que deben cumplir las envolventes de estos equipos.

4.3. Protección en los locales o emplazamientos no conductores

La norma UNE 20460-4-41 indica las características de las protecciones y medios para estos casos.

Esta medida de protección está destinada a impedir en caso de fallo del aislamiento principal de las partes activas, el contacto simultáneo con partes que pueden ser puestas a tensiones diferentes. Se admite la utilización de materiales de la clase 0 condición que se respete el conjunto de las condiciones siguientes:

Las masas deben estar dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no hagan contacto simultáneo: bien con dos masas, bien con una masa y cualquier elemento conductor, si estos elementos pueden encontrarse a tensiones diferentes en caso de un fallo del aislamiento principal de las partes activas.

En estos locales (o emplazamientos), no debe estar previsto ningún conductor de protección.

Las prescripciones del apartado anterior se consideran satisfechas si el emplazamiento posee paredes aislantes y si se cumplen una o varias de las condiciones siguientes:

a) Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores, así como de las masas entre sí. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de 2 m como mínimo, pudiendo ser reducida esta distancia a 1,25 m por fuera del volumen de accesibilidad.

b) Interposición de obstáculos eficaces entre las masas o entre las masas y los elementos conductores. Estos obstáculos son considerados como suficientemente eficaces si dejan la distancia a franquear en los valores indicados en el punto a). No deben conectarse ni a tierra ni a las masas y, en la medida de lo posible, deben ser de material aislante.

c) Aislamiento o disposición aislada de los elementos conductores. El aislamiento debe tener una rigidez mecánica

suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de un mínimo de 2.000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.
Las figuras siguientes contienen ejemplos explicativos de las disposiciones anteriores.

Figura 9.

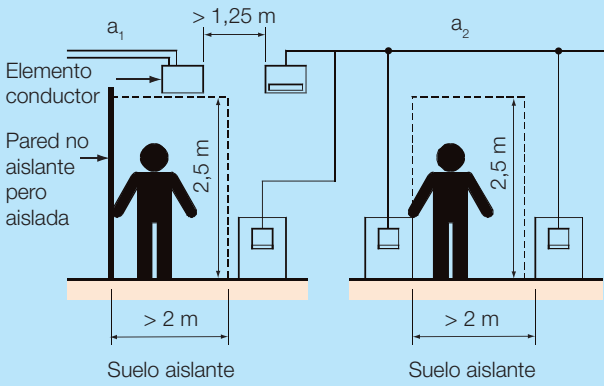
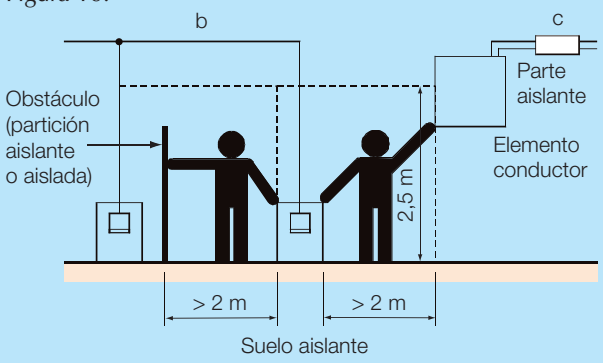


Figura 10.



Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:
– 50 kΩ, si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V.
– 100 kΩ, si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.
Si la resistencia no es superior o igual, en todo punto al valor prescrito, estas paredes y suelos se considerarán como elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra las descargas eléctricas.
Las disposiciones adoptadas deben ser duraderas y no deben poder inutilizarse. Igualmente deben garantizar la protección de los equipos móviles cuando esté prevista la utilización de estos.
Deberá evitarse la colocación posterior, en las instalaciones eléctricas no vigiladas continuamente, de otras partes (por ejemplo, materiales móviles de la clase I o elementos conductores, tales como conductos de agua metálicos), que puedan anular la conformidad con el aparato anterior.

Deberán evitarse que la humedad pueda comprometer el aislamiento de las paredes y de los suelos.
Deben adoptarse medidas adecuadas para evitar que los elementos conductores puedan transferir tensiones fuera del emplazamiento considerado.

4.4. Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.
La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.
Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, está conectado a la conexión equipotencial local.

4.5. Protección por separación eléctrica

El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:
– Un transformador de aislamiento.
– Una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento anterior, por ejemplo un grupo motor generador que posea una separación equivalente.
La norma UNE 20.460-4-41 enuncia el conjunto de prescripciones que debe garantizar esta protección.
En el caso de que el circuito separado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben ser conectadas a un conductor de protección.
En el caso de un circuito separado que alimente muchos aparatos, se satisfarán las siguientes prescripciones:
a) Las masas del circuito separado deben conectarse entre si mediante conductores de equipotencialidad aislados, no conectados a tierra. Tales conductores, no deben conectarse ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos ni a elementos conductores.
b) Todas las bases de tomas de corriente deben estar previstas de un contacto de tierra que debe estar conectado al conductor de equipotencialidad descrito en el apartado anterior.
c) Todos los cables flexibles de equipos que no sean de clase II, deben tener un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.
d) En el caso de dos fallos francos que afecten a dos masas y alimentados por dos conductores de polaridad diferente, debe existir un dispositivo de protección que garantice el corte en un tiempo como máximo igual al indicado en la tabla 1 incluida en el apartado 4.1.1. para esquemas TN.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS. ITC-BT-25

1. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO

El grado de electrificación básico se plantea como el sistema mínimo, a los efectos de uso, de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos tal como se indica en la ITC-BT-10. Su objeto es permitir la utilización de los aparatos electrodomésticos de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación.
La capacidad de instalación se corresponderá como mínimo al valor de la intensidad asignada determinada para el interruptor general automático. Igualmente se cumplirá esta condición para la derivación individual.

2. CIRCUITOS INTERIORES

2.1. Protección general

Los circuitos de protección privados se ejecutarán según lo dispuesto en la ITC-BT-17 y constarán como mínimo de:
– Un interruptor general automático de corte omnipolar con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. El interruptor general es independiente del interruptor para el control de potencia (ICP) y no puede ser sustituido por éste.
– Uno o varios interruptores diferenciales que garanticen la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad diferencial-residual máxima de 30 mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general. Cuando se usen interruptores diferenciales en serie, habrá que garantizar que todos los circuitos queden protegidos frente a intensidades diferenciales-residuales de 30 mA como máximo, pudiéndose instalar otros diferenciales de intensidad superior a 30 mA en serie, siempre que se cumpla lo anterior.
Para instalaciones de viviendas alimentadas con redes diferentes a las de tipo indirectos se realizará según se indica en el apartado 4.1 de la ITC-BT-24.
– Dispositivos de protección contra sobretensiones, si fuese necesario, conforme a la ITC-BT-23.

2.2. Previsión para instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad

En el caso de instalaciones de sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de la seguridad, que se desarrolla en la ITC- BT-51, la alimentación a los dispositivos de control y mando centralizado de los sistemas electrónicos se hará mediante un interruptor automático de corte omnipolar con dispositivo de protección contra so-

brecargas y cortocircuitos que se podrá situar aguas arriba de cualquier interruptor diferencial, siempre que su alimentación se realize a través de una fuente de MBTS o MBTP, según ITC-BT-36.

2.3. Derivaciones

Los tipos de circuitos independientes serán los que se indican a continuación y estarán protegidos cada uno de ellos por un interruptor automático de corte omnipolar con accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos con una intensidad asignada según su aplicación e indicada en el apartado 3.

2.3.1. Electrificación básica

Circuitos independientes.

C_1 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación.

C_2 Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico.

C_3 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno.

C_4 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.

C_5 Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro de cocina.

2.3.2. Electrificación elevada

En el caso de viviendas con una previsión importante de aparatos electrodomésticos que obligue a instalar mas de un circuito de cualquiera de los tipos descritos anteriormente, así como con previsión de sistemas de calefacción eléctrica, acondicionamiento de aire, automatiza-ción, gestión técnica de la energía y seguridad o con superficies útiles de las viviendas superiores a 160 m^2. En este caso se instalará, además de los correspondientes a la electrificación básica, los siguientes circuitos:

C_6 Circuito adicional del tipo C_1, por cada 30 puntos de luz.

C_7 Circuito adicional del tipo C_2, por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de 160 m^2.

C_8 Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica, cuando existe previsión de ésta.

C_9 Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando existe previsión de ésta.

C_{10} Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente.

C_{11} Circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica y de seguridad, cuando existe previsión de éste.

C_{12} Circuitos adicionales de cualquiera de los tipos C_3 o

3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CIRCUITOS, SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES Y DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN

C_4, cuando se prevean, o circuito adicional del tipo C_5, cuando su número de tomas de corriente exceda de 6.
Tanto para la electrificación básica como para la elevada, se colocará, como mínimo, un interruptor diferencial de las características indicadas en el apartado 2.1 por cada cinco circuitos instalados.

En la tabla 1 se relacionan los circuitos mínimos previstos con sus características eléctricas.
La sección mínima indicada por circuito está calculada para un número limitado de puntos de utilización de circuitos adicionales correspondientes.
Cada accesorio o elemento del circuito en cuestión tendrá una corriente asignada, no inferior al valor de la intensidad prevista del receptor o receptores a conectar.
El valor de la intensidad de corriente prevista en cada circuito se calculará de acuerdo con la fórmula:
$I = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$
N n.º de tomas de receptores.
I_a Intensidad prevista por toma o receptor.
F_s (factor de simultaneidad) Relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total.
F_u (factor de utilización) Factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor.
Los dispositivos automáticos de protección tanto para el valor de la intensidad asignada como para la Intensidad máxima de cortocircuito se corresponderá con la intensidad admisible del circuito y la de cortocircuito en este punto respectivamente.

Tabla 1. Características eléctricas de los circuitos (1).

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad Fs	Factor utilización Fu	Tipo de toma. (7)	Interruptor Automático. (A)	Máximo n.º de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm² mm² (5)	Tubo o coinducto Diámetro mm² (3)
C_1 Iluminación	200	0,75	0,5	Punto luz	10	30	1,5	16
C_2 Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16 A 2p + T	16	20	2,5	20
C_3 Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p + T	25	2	6	25
C_4 Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16 A 2p + T combinadas con fusibles o interruptores automáticos 16A	20	3	4 (6)	20
C_5 Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16 A 2p + T	16	6	2,5	20
C_8 Calefacción	(2)	--	--	---	25	--	6	25
C_9 Aire acondicionado	(2)	--	--	---	25	--	6	25
C_{10} Secadora	3.450	1	0,75	Base 16 A 2p + T	16	1	2,5	20
C_{11} Automatización	(4)	--	--	---	10	--	1,5	16

(1) La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.
(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.
(3) Diámetros externos según ITC-BT-19.
(4) La potencia máxima permisible por circuito será 2.300 W.
(5) Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación.
(6) En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm^2 que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm^2.
(7) Las bases de tomas de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5ª, ambas de la norma UNE 20315.
(8) Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito.

La sección de los conductores será como mínimo la indicada en la Tabla 1, y además estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo el 3%. Esta caída de tensión se calculará para una intensidad de funcionamiento del circuito igual a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito y para una distancia correspondiente a la del punto de utilización más alejado del origen de la instalación interior. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límite especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

4. PUNTOS DE UTILIZACIÓN

En cada estancia se utilizará como mínimo los siguientes puntos de utilización.

Tabla 2.

Estancia	Circuito	Mecanismos	Nº mínimo	Superficie o longitud
Acceso	C_1	Pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C_1	Punto luz	1	
		Interruptor 10 A	1	
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	
Sala de estar o Salón	C_1	Punto luz	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)
		Interruptor 10 A	1	Uno por cada punto luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	3(1)	Una por cada 6 m^2, redondeado al entero superior
	C_8	Toma de calefacción	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)
	C_9	Toma de aire acondicionado	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)
Dormitorios	C_1	Punto luz	1	
		Interruptor 10 A	1	
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	
	C_8	Toma de calefacción	1	
	C_9	Toma de aire acondicionado	1	
Baños	C_1	Punto luz		
		Interruptor 10 A		
	C_5	Base 16 A 2p+T		
	C_8	Toma de calefacción		
Pasillos o distribuidores	C_1	Punto luz	1	Uno cada 5 m de longitud
		int- o - conmutador 10 A	1	Uno en cada acceso
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	Hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C_8	Toma de calefacción		
Cocina	C_1	Punto luz	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)
		Interruptor 10 A	1	Uno por cada punto luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	2	Extractor y frigorífico
	C_3	Base 25 A 2p+T	1	Cocina / horno
	C_4	Base 16 A 2p+T	3	Lavadora, lavavajillas y termo
	C_5	Base 16 A 2p+T	3(2)	Encima del plano de trabajo
	C_8	Toma de calefacción	1	
	C_{10}	Base 16 A 2p+T	1	Secadora
Terrazas y vestidores	C_1	Punto luz	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)
		Interruptor 10 A	1	Uno por cada punto luz
Garajes unifamiliares y otros	C_1	Punto luz	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)
		Interruptor 10 A	1	Uno por cada punto luz
	C_2	Base 16 A 2p+T	1	Hasta 10 m^2 (dos si S > 10 m^2)

(1) En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, y en este caso se considera como una sola base a los efectos del número de puntos de utilización de la tabla 1.
(2) Se colocarán fuera de un volumen determinado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero y de la encimera de cocción o cocina.

INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS. PRESCRIPCIONES GENERALES DE INSTALACION. ITC-BT-26

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las prescripciones objeto de esta Instrucción son complementarias de las expuestas en la ITC-BT-19 y aplicables a las instalaciones interiores de las viviendas, así como en la medida que puede afectarles, a las de los locales comerciales, de oficinas y a las de cualquier otro local destinado a fines análogos.

2. TENSIONES DE UTILIZACIÓN Y ESQUEMAS DE CONEXIÓN

Las instalaciones de las viviendas se consideran que están alimentadas por una red de distribución pública de baja tensión según el esquema de distribución "TT" ITC-BT 08 y a una tensión de 230 V en alimentación monofásica y 230/400 V en alimentación trifásica.

3. TOMAS DE TIERRA

3.1. Instalación

En toda nueva edificación se establecerá una toma de tierra de protección, según el siguiente sistema:

Instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima según se indica en la ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo. Cuando se trate de construcciones que comprendan varios edificios próximos, se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos, con objeto de formar una malla de la mayor extensión posible.

En rehabilitación o reforma de edificios existentes, la toma de tierra se podrá realizar también situando en patios de luces y jardines particulares del edificio, uno o varios electrodos de características adecuadas.

Al conductor en anillo, o bien a los electrodos, se conectarán, en su caso, la estructura metálica del edificio o, cuando la cimentación del mismo se haga con zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata.

Estas conexiones se establecerán de forma fiable y segura, mediante soldadura aluminotérmica o autógena.

Las líneas de enlace con tierra se establecerán de acuerdo con la situación y número previsto de puntos de puesta a tierra. La naturaleza y sección de estos conductores estarán de acuerdo con lo indicado para ellos en la instrucción ITC-BT-18.

3.2. Elementos a conectar a tierra

A la toma de tierra establecida se conectará toda masa metálica importante, existente en la zona de la instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

A esta misma toma de tierra deberán conectarse las partes metálicas de los depósitos de gasóleo, de las instalaciones de calefacción general, de las instalaciones de agua, de las instalaciones de gas canalizado y de las antenas de radio y televisión.

3.3. Puntos de puesta a tierra

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

a) En los patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo, etc., en rehabilitación o reforma de edificios existentes.

b) En el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiera.

c) En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiera.

d) En el punto de ubicación de la caja general de protección.

e) En cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

3.4. Líneas principales de tierra. Derivaciones

Las líneas principales y sus derivaciones se establecerán en las mismas canalizaciones que las de las líneas generales de alimentación y derivaciones individuales.

Únicamente es admitida la entrada directa de las derivaciones de la línea principal de tierra en cocinas y cuartos de aseo, cuando, por la fecha de construcción del edificio, no se hubiese previsto la instalación de conductores de protección. En este caso, las masas de los aparatos receptores, cuando sus instalaciones de instalación lo exijan, podrán ser conectadas a la derivación de la línea principal de tierra directamente, o bien a través de tomas de corriente que dispongan de contacto de puesta a tierra. Al punto o puntos de puesta a tierra indicados como a) en el apartado 3.3, se conectarán las líneas principales de tierra. Estas líneas podrán instalarse por los patios de luces o por canalizaciones interiores, con el fin de establecer a la altura de cada planta del edificio su derivación hasta el borne de conexión de los conductores de protección de cada local o vivienda.

Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección de la instrucción ITC-BT-19 con un mínimo de 16 milímetros cuadrados. Pueden estar formadas por barras planas o redondas, por conductores desnudos o aislados, debiendo disponerse una

protección mecánica en la parte que estos conductores sean accesibles, así como en los pasos de techos, paredes, etc.
La sección de los conductores que constituyen las derivaciones de la línea principal de tierra, será la señalada en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.
No podrán utilizarse como conductores de tierra las tuberías de agua, gas, calefacción, desagües, conductos de evacuación de humos o basuras, ni las cubiertas metálicas de los cables, tanto de la instalación eléctrica como de teléfonos o de cualquier otro servicio similar, ni las partes conductoras de los sistemas de conducción de los cables, tubos, canales y bandejas.
Las conexiones en los conductores de tierra serán realizadas mediante dispositivos, con tornillos de apriete u otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre aquéllos.

3.5. Conductores de protección
Se instalarán conductores de protección acompañando a los conductores activos en todos los circuitos de la vivienda hasta los puntos de utilización.

4. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

La protección contra contactos indirectos se realizará mediante la puesta a tierra de las masas y empleo de los dispositivos descritos en el apartado 2.1 de la ITC-BT-25.

5. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

El cuadro general de distribución estará de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-17.
En este mismo cuadro se dispondrán los bornes o pletinas para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.
El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático, que de acuerdo con lo señalado en las Instrucciones ITC-BT-10 e ITC-BT-25, corresponda a la vivienda.

6. CONDUCTORES

6.1. Naturaleza y Secciones
6.1.1. Conductores activos
Los conductores activos serán de cobre, aislados y con una tensión asignada de 450/750 V, como mínimo.
Los circuitos y las secciones utilizadas serán, los indicados en la ITC-BT-25.

6.1.2. Conductores de protección
Los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que éstos y su sección será la indicada en la Instrucción ITC-BT-19.

6.2. Identificación de los conductores
Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificados, especialmente por lo que respecta a los conductores neutro y de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el doble color amarillo-verde. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, podrá utilizarse el color gris.

6.3. Conexiones
En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación salvo en los casos indicados en el apartado 4.1, de la ITC-BT-21. Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm^2 deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

7. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

7.1. Sistemas de instalación
Instalaciones empotradas:
– Cables aislados bajo tubo flexible.
– Cables aislados bajo tubo curvable.
Instalaciones superficiales:
– Cables aislados bajo tubo curvable.
– Cables aislados bajo tubo rígido.
– Cables aislados bajo canal protectora cerrada.
– Canalizaciones prefabricadas.
Las instalaciones deberán cumplir lo indicado en las ITC-BT-20 e ITC-BT-21.

7.2. Condiciones generales
En la ejecución de las instalaciones interiores de las viviendas se deberá tener en cuenta:
– No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.
– Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier

punto de la instalación en el que se realice una derivación del mismo, utilizando un dispositivo apropiado, tal como un borne o conexión, de forma que permita la separación completa de cada parte del circuito del resto de la instalación.
– Las formas de corriente en una misma habitación deben estar conectadas a la misma fase.
– Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc., instalados en cocinas, cuartos de baño, secadores y, en general, en los locales húmedos o mojados, así como en aquellos en que las paredes y suelos sean conductores, serán de material aislante.
– La instalación empotrada de estos aparatos se realizará utilizando cajas especiales para su empotramiento. Cuando estas cajas sean metálicas estarán aisladas interiormente o puestas a tierra.
– La instalación de estos aparatos en marcos metálicos podrá realizarse siempre que los aparatos utilizados estén concebidos de forma que no permitan la posible puesta bajo tensión del marco metálico, conectándose éste al sistema de tierras.
– La utilización de estos aparatos empotrados en bastidores o tabiques de madera u otro material aislante, cumplirá lo indicado en la ITC-BT-49.

INSTALACIONES DE RECEPTORES. PRESCRIPCIONES GENERALES ITC-BT-43.

1. INTRODUCCIÓN

La presente instrucción establece los requisitos generales de instalación de receptores dependiendo de su clasificación y utilización que están destinados a ser alimentados por una red de suministro exterior con tensiones que no excedan de 440 V en valor eficaz entre fases (254 V en valor eficaz entre fase y tierra).
De acuerdo al Artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, los requisitos de todas las instrucciones relativas a receptores no sustituyen ni eximen el cumplimiento de lo establecido en la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) y en la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (89/336/CEE) para dichos receptores y sus elementos constitutivos, aun cuando los receptores no se suministren totalmente montados y el montaje final se realice durante la instalación, como por ejemplo algunos tipos de luminarias o equipos eléctricos de máquinas industriales, etc.

2. GENERALIDADES

2.1. Condiciones generales de instalación

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc), teniendo en cuenta los esfuerzos mecánicos previsibles y las

condiciones de ventilación, necesarias para que en funcionamiento no pueda producirse ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos. Soportarán la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.
Los circuitos que formen parte de los receptores, salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobre intensidades, siendo de aplicación, para ello, lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

2.2. Clasificación de los receptores
La clasificación de los receptores en lo relativo a la protección contra los choques eléctricos es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación de los receptores.

	Clase 0	**Clase I**	**Clase II**	**Clase III**
Características principales de los aparatos	Sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos medios de conexión a tierra	Aislamiento suplementario pero sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos para ser alimentados con baja tensión de seguridad (MBTS)
Precauciones de seguridad	Entorno aislado de tierra	Conexión a la toma de tierra de protección	No es necesaria ninguna protección	Conexión a muy baja tensión de seguridad

Esta clasificación no implica que los receptores puedan ser de cualquiera de los tipos descritos anteriormente. Las condiciones de seguridad del receptor tanto en su uso como en su instalación, de conformidad a lo requerido en la Directiva de Baja Tensión, pueden imponer restricciones al uso de receptores de alguno de los tipos anteriores.
El empleo de aparatos previstos para ser alimentados a muy baja tensión de seguridad (según ITC-BT-36), pero que incorporan circuitos que funcionan a una tensión superior a esta, no se considerarán de clase III a menos que las disposiciones constructivas aseguren entre los circuitos a distintas tensiones, un aislamiento equivalente al correspondiente a un transformador de seguridad según UNE-EN 60742 o UNE-EN 61558-2-4.

2.3. Condiciones de utilización
Las condiciones de utilización de los receptores dependerán de su clase y de las características de los locales donde sean instalados. A este respecto se tendrá en cuenta lo dispuesto en la ITC-BT-24. Los receptores de Clase II y los de Clase III se podrán utilizar sin tomar medida de protección adicional contra los contactos indirectos.

2.4. Tensiones de alimentación

Los receptores no deberán, en general, conectarse a instalaciones cuya tensión asignada sea diferente a la indicada en el mismo. Sobre éstos podrá señalarse una única tensión asignada o una gama de tensiones que señale con sus límites inferior o superior las tensiones para su funcionamiento asignadas por el fabricante del aparato.

Los receptores de tensión asignada única, podrán funcionar en relación con ésta, dentro de los límites de variación de tensión admitidos por el Reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Los receptores podrán estar previstos para el cambio de su tensión asignada de alimentación, y cuando este cambio se realice por medio de dispositivos conmutadores, estarán dispuestos de manera que no pueda producirse una modificación accidental de los mismos.

2.5. Conexión de receptores

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación alimentadora. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-19.

Se admitirá, cuando las prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por inmediato de un cable apto para usos móviles, que podrá incorporar una clavija de toma de corriente. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectúa por intermedio de un cable movible, éste incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los cables en la entrada al aparato estarán protegidos contra los riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, ebrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anular los cables o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán una longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos a ésta después de que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su cable de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, los aislamientos y cubierta del cable no serán de material termoplástico.

La conexión de los cables aptos para usos móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

– Clavija y Toma de corriente.
– Cajas de conexión.
– Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.
La conexión de cables aptos para usos móviles a los aparatos destinados a usos domésticos o análogos se realizará utilizando:
– Cable flexible, con cubierta de protección, fijado permanentemente al aparato.
– Cable flexible, con cubierta de protección, fijado al aparato por medio de un conector, de manera que las partes activas del mismo no sean accesibles cuando estén bajo tensión.
La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V. Sus secciones no serán inferiores a 0,5 mm^2. Las características del cable a emplear serán coherentes con su utilización prevista.
Las clavijas utilizadas para la conexión de los receptores a las base de tomas de corriente de la instalación de alimentación serán de los tipos indicados en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b, de la norma UNE 20315 o clavija conforme a la norma UNE-EN 50075. Adicionalmente, los receptores no destinados a uso en viviendas podrán incorporar clavijas conforme a la serie de normas UNE-EN 60309.

2.6. Utilización de receptores que desequilibren las fases o produzcan fuertes oscilaciones de la potencia absorbida

No se podrán instalar sin consentimiento expreso de la Empresa que suministra la energía, aparatos receptores que produzcan desequilibrios importantes en las distribuciones polifásicas.
En los motores que accionen máquinas de par resistente muy variables y en otros receptores como hornos, aparatos de soldadura y similares, que puedan producir fuertes oscilaciones por la potencia de ellos absorbida, se tomarán medidas oportunas para que las mismas no puedan ser mayor del 200% de la potencia asignada del receptor.
Cuando se compruebe que tales receptores no cumplen la condición indicada, o que producen perturbaciones en la red de distribución de energía de la Empresa distribuidora, ésta podrá, previa autorización del Organismo competente, negar el suministro a tales receptores y solicitar que se instalen los sistemas de corrección apropiados.

2.7. Compensación del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores que resulte un factor de potencia inferior a 1, podrán ser compensadas, pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitativa.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse de una de las dos formas siguientes:
– Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen simultáneamente y se conecten por medio de un sólo interruptor. En este caso el interruptor debe cortar la alimentación simultáneamente al receptor o grupo de receptores y al condensador.
– Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación debe estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea mayor de un +/–10% del valor medio obtenido durante un prolongado período de funcionamiento.
Cuando se instalen condensadores y la conexión de éstos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, los condensadores irán provistos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.
Los condensadores utilizados para la mejora del factor de potencia en los motores asíncronos, se instalarán de forma que, al cortar la alimentación de energía eléctrica al motor, queden simultáneamente desconectados los indicados condensadores.
Las características de los condensadores y su situación deberán ser conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 60831-1 y UNE-EN 60831-2.

INSTALACIONES DE RECEPTORES PARA ALUMBRADO. ITC-BT-44

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente instrucción se aplica a las instalaciones de receptores para alumbrado (luminarias). Se entiende como receptor para alumbrado, el equipo o dispositivo que utiliza la energía eléctrica para la iluminación de espacios interiores o exteriores.
En la instrucción no se incluyen prescripciones relativas al alumbrado exterior recogido en la ITC-BT-09 ni al alumbrado de emergencia en locales de pública concurrencia recogido en la ITC-BT-28.

2. CONDICIONES PARTICULARES PARA LOS RECEPTORES PARA ALUMBRADO Y SUS COMPONENTES

2.1. Luminarias

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

2.1.1. Suspensiones y dispositivos de regulación

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión. La sección nominal total de los conductores de los que la luminaria esta suspendida será tal que la tracción máxima a la que estén sometidos los conductores sea inferior a 15 N/mm^2.

2.1.2. Cableado interno
La tensión asignada de los cables utilizados será como mínimo la tensión de alimentación y nunca inferior a 300/300 V.
Además los cables serán de características adecuadas a la utilización prevista, siendo capaces de soportar la temperatura a la que puedan estar sometidas.

2.1.3. Cableado externo
Cuando la luminaria tiene la conexión a la red en su interior, es necesario que el cableado externo que penetra en ella tenga el adecuado aislamiento eléctrico y térmico.

2.1.4. Puesta a tierra
Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24

2.2. Lámparas
Queda prohibido el uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (como por ejemplo neón) en el interior de las viviendas.
En el interior de locales comerciales y en el interior de edificios, se permitirá su instalación cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras, tal como se define en la ITC-BT-24.

2.3. Portalámparas
Deberán ser de los tipos, formas y dimensiones especificados en la norma UNE-EN 60061-2.
Cuando en la misma instalación existan lámparas que han de ser alimentadas a distintas tensiones, se recomienda que los portalámparas respectivos sean diferentes entre sí, según el circuito al que deban ser conectados.
Cuando se empleen portalámparas con contacto central, debe conectarse a éste el conductor de fase o polar, y el neutro al contacto correspondiente a la parte exterior.

3. CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LOS RECEPTORES PARA ALUMBRADO

3.1. Condiciones generales
En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.
Las partes metálicas accesibles de los receptores de alumbrado que no sean de Clase II o Clase III, deberán conectarse de forma fiable y permanente al conductor de pro-

tección del circuito. Se entiende como accesibles aquellas partes incluidas dentro del volumen de accesibilidad definido en la ITC-BT-24.
Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.
Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.
En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9 y no se admitirá compensación en conjunto de un grupo de receptores en una instalación de régimen de carga variable, salvo que se dispongan de un sistema de compensación automático con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

3.2. Condiciones específicas

Para instalaciones que alimenten tubos luminosos de descarga con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 kV y 10 kV, se aplicará lo dispuesto en la UNE-EN 50107. No obstante, se considerarán como instalaciones de baja tensión las destinadas a lámparas o tubos de descarga, cualquiera que sean las tensiones de funcionamiento de éstas, siempre que constituyan un conjunto de unidad con los transformadores de alimentación y demás elementos, no presenten más que conductores de conexión en baja tensión y dispongan de barreras o envolventes con sistema de enclavamiento adecuados, que impidan alcanzar partes interiores del conjunto sin que sea cortada automáticamente la tensión de alimentación al mismo.
La protección contra los contactos directos e indirectos se realizará, en su caso, según los requisitos indicados en la instrucción ITC-BT-24.
La instalación irá provista de un interruptor de corte omnipolar, situado en la parte de baja tensión. Queda prohibido colocar interruptor, conmutador, seccionador o cortocircuito en la parte de instalación comprendida entre las lámparas y su dispositivo de alimentación.
Todos los condensadores que formen parte del equipo auxiliar eléctrico de las lámparas de descarga para corregir el factor de potencia de los balastos, deberán llevar conectada una resistencia que asegure que la tensión en bornes del condensador no sea mayor de 50 V transcurridos 60 s desde la conexión del receptor.

INSTALACION DE RECEPTORES. APARATOS DE CALDEO. ITC-BT-45

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente instrucción es determinar los requisitos de instalación de los aparatos eléctricos de caldeo, entendiendo como tales aquéllos que transforman la energía eléctrica en calor.
Los aparatos de caldeo objeto de esta instrucción cumplirán los requisitos de las directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2. APARATOS PARA USO DOMÉSTICO Y COMERCIAL

2.1. Aparatos para el calentamiento de líquidos
Queda prohibido el empleo para usos domésticos de aparatos provistos de elementos de caldeo desnudos sumergidos en agua, así como aquellos en los que ésta forme parte del circuito eléctrico.

2.2. Aparatos para el calentamiento de locales
No deberán instalarse en nichos o cajas construidas o revestidas de materiales combustibles.
Deberán instalarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante en lo relativo a la distancia mínima a las paredes, suelos u otras superficies u objetos combustibles. En ausencia de tales instrucciones deberán instalarse manteniendo una distancia mínima de 8 cm a las partes anteriores, salvo en el caso de aparatos de calefacción con elementos calefactores luminosos colocados detrás de aberturas o rejillas, en los cuales la distancia entre dichas aberturas y elementos combustibles será como mínimo de 50 cm.

2.3. Cocinas, hornos, hornillos y encimeras
Estos aparatos estarán conectados a su fuente de alimentación por medio de interruptores de corte omnipolar, tomas de corriente u otro dispositivo de igual característica destinados únicamente a los mismos.
Los aparatos de cocción y hornos que incorporen elementos incandescentes no cerrados no se instalarán en locales que presenten riesgo de explosión.

3. APARATOS PARA USOS INDUSTRIALES

Los aparatos de caldeo industrial destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de que se alcance una temperatura peligrosa incluso en condiciones de avería o mal uso.

3.1. Aparatos para el calentamiento de líquidos
Los aparatos de calentamiento o recalentamiento de líquidos combustibles o inflamables, deberán estar dotados de un limitador de temperaturas que interrumpa o reduzca el calentamiento antes de que se pueda alcanzar una temperatura peligrosa incluso en condiciones de avería o mal uso.

3.1.1. Calentadores de agua en los que esta forma parte del circuito eléctrico

Los calentadores de agua, en los que ésta forma parte del circuito eléctrico, no serán utilizados en instalaciones para uso doméstico ni cuando hayan de ser utilizados por personal no especializado.

Para la instalación de estos aparatos, se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

a) Estos aparatos se alimentarán solamente con corriente alterna a frecuencia igual o superior a 50 hertzios.

b) La alimentación estará controlada por medio de un interruptor automático construido e instalado de acuerdo con las siguientes condiciones:

– Será de corte omnipolar simultáneo.

– Estará provisto de dispositivos de protección contra sobrecargas en cada conductor que conecte con un electrodo.

– Estará colocado de forma que pueda ser accionado fácilmente desde el mismo emplazamiento donde se instale, bien directamente o bien por medio de un dispositivo de mando a distancia. En este caso se instalarán lámparas de señalización que indiquen la posición de abierto o cerrado del interruptor.

c) La cuba o caldera metálica se pondrá a tierra y, a la vez, se conectará a la cubierta y armadura metálica, si existen, del cable de alimentación. La sección del conductor de puesta a tierra de la cuba, no será inferior a la del conductor de mayor sección de la alimentación, con un mínimo de 4 milímetros cuadrados.

d) Según el tipo de aparato se satisfarán, además, los requisitos siguientes:

– Si los electrodos están conectados directamente a una instalación trifásica a más de 440 voltios, debe instalarse un interruptor diferencial que desconecte la alimentación a los electrodos cuando se produzca una corriente de fuga a tierra superior al 10 por 100 de la intensidad nominal de la caldera en condiciones normales de funcionamiento. Podrá admitirse hasta en 15 por 100 de dicho valor si en algún caso fuera necesario para asegurar la estabilidad del funcionamiento de la misma. El dispositivo mencionado debe actuar con retardo para evitar su funcionamiento innecesario en el caso de un desequilibrio de corta duración.

– Si los electrodos están conectados a una alimentación con tensiones de 50 a 400 voltios, la cuba de la caldera estará conectada al neutro de la alimentación y a tierra. La capacidad nominal del conductor neutro no debe ser inferior a la del mayor conductor de alimentación.

3.1.2. Calentadores provistos de elementos de caldeo desnudos sumergidos en el agua

Se admiten en instalaciones industriales siempre que no pueda existir una diferencia de potencial superior a 24 voltios entre el agua accesible o partes metálicas accesi-

bles en contacto con ella y los elementos conductores situados en su proximidad, que no consta que estén aislados de tierra.

3.2. Aparatos de cocción y hornos industriales

Las partes accesibles de los hornos que puedan alcanzar una temperatura peligrosa deben estar dotados de un dispositivo de protección o de visibles señales de atención con una inscripción.

Cuando los hornos presenten corrientes de fuga importantes, como en los hornos de resistencias, deberán ser alimentados según esquema TN.C.

Los aparatos de cocción y los hornos que incorporen elementos incandescentes no cerrados no se instalarán en locales que presenten riesgos de explosión.

3.3. Aparatos de soldadura eléctrica por arco

Los aparatos destinados a la soldadura eléctrica cumplirán en su instalación y utilización las siguientes prescripciones:

a) Las masas de estos aparatos estarán puestas a tierra. Será admisible la conexión de uno de los polos del circuito de soldadura a estas masas, cuando, por su puesta a tierra, no se provoquen corrientes vagabundas de intensidad peligrosa. En caso contrario, el circuito de soldadura estará puesto a tierra únicamente en el lugar de trabajo.

b) Los bornes de conexión para los circuitos de alimentación de los aparatos manuales de soldar estarán cuidadosamente aislados.

c) Cuando existan en los aparatos ranuras de ventilación estarán dispuestas de forma que no se pueda alcanzar partes bajo tensión en su interior.

d) Cada aparato llevará incorporado un interruptor de corte omnipolar que interrumpa el circuito de alimentación, así como un dispositivo de protección contra sobrecargas, regulado, como máximo, al 200% de la intensidad nominal de su alimentación, excepto en aquellos casos en que los conductores de este circuito estén protegidos en la instalación por un dispositivo igualmente contra sobrecargas, regulado a la misma intensidad.

e) Las superficies exteriores de los porta-electrodos a mano, y en todo lo posible sus mandíbulas, estarán completamente aisladas. Estos porta-electrodos estarán provistos de discos o pantallas que protejan la mano de los operarios contra el calor proporcionado por los arcos.

f) Las personas que utilicen estos aparatos recibirán las consignas apropiadas para:

– Hacer inaccesibles las partes bajo tensión de los porta-electrodos cuando no sean utilizados.

– Evitar que los porta-electrodos entren en contacto con objetos metálicos.

– Unir al conductor de retorno del circuito de soldadura

las piezas metálicas que se encuentren en su proximidad inmediata.
Cuando los trabajos de soldadura se efectúen en locales muy conductores, se recomienda la utilización de pequeñas tensiones. En todo caso, la tensión en vacío entre el electrodo y la pieza a soldar, no será superior a 90 voltios, valor eficaz para corriente alterna, y 150 voltios en corriente continua.

INSTALACIÓN DE RECEPTORES. CABLES Y FOLIOS RADIANTES EN VIVIENDAS. ITC-BT-46

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente Instrucción se aplica a las instalaciones de cables eléctricos y folios radiantes calefactores a tensiones nominales de 300/500 V, empotrados en los suelos forjados y techos.
La norma UNE 21155-1, indica las clases de cables calefactores que se pueden utilizar. En cualquier caso tanto estos como los folios radiantes deberán ser conformes a los requisitos de las Directivas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para baja Tensión.

2. LIMITACIONES DE EMPLEO

Estas instalaciones no deben realizarse dentro de los volúmenes de prohibición de los cuartos de baño y las uniones frías no deberán encontrarse en el volumen de prohibición ni el de protección.
El elemento calefactor no podrá instalarse por debajo de ninguna unión de las tuberías de distribución de agua o desagües.

3. INSTALACIÓN

3.1. Circuito de alimentación

El circuito de alimentación debe responder a las prescripciones que se establecen en el presente Reglamento, especialmente las concernientes a:
– Canalizaciones y secciones mínimas de conductores.
– Protección contra sobreintensidades, contactos indirectos y sobretensiones.
Además, los dispositivos de mando y maniobra deben ser de corte omnipolar aunque se permite que los dispositivos de control, como termostatos, no lo sean.

3.2. Instalación eléctrica

El circuito de calefacción se subdividirá en circuitos según los criterios de ITC-BT-25, en función de la simultaneidad de uso, distancia y otros criterios de seguridad etc., con un máximo de 25 A por fase y circuito. Cada circuito estará protegido por un interruptor automático de corte omnipolar.
Es obligatoria una protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA) para cada circuito de calefacción por cables calefactores o folio radiante.

Cuando el cable calefactor tenga una armadura o cuando el termostato tenga una envoltura metálica, ambas deberán conectarse a tierra mediante un conductor de protección de sección igual al conductor de fase.
El cable de alimentación al termostato (la fase) tendrá la misma sección que el de la unión fría y se alojará en un tubo de diámetro adecuado.
Antes de cubrir el elemento calefactor, se comprobará la continuidad del circuito. Una vez cubierto el cable, y con anterioridad a la colocación del pavimento se comprobará el aislamiento eléctrico respecto a tierra que deberá ser igual o superior a 250.000 ohmios.

3.2.1. Uniones frías
Las conexiones de los cables calefactores o de los paneles de folio radiante con las uniones frías se deberán realizar y disponer de manera que la transmisión del calor producido por aquellos a las citadas uniones, y al cable de alimentación, permanezca dentro de los límites compatibles con las temperaturas y máximas admisibles en servicio continuo, fijadas por la norma UNE 20.460-5-523; para ello, y salvo en caso de avería, las uniones frías deberán venir realizadas de fábrica, no autorizándose su ejecución en obra.
La secciones de las uniones frías estarán determinadas por las intensidades de corriente máximas admisibles fijadas para servicio permanente en la ITC-BT-19.
La canalización o tubo deberá terminar a 0,20 m como mínimo de la conexión con el cable calefactor, debiendo estar esta unión completamente embebida dentro de la masa de hormigón.

3.3. Colocación de los cables calefactores
En la colocación de un elemento o unidad de cable calefactor en el techo o en el suelo, se recomienda que las espiras estén dispuestas paralelamente a la pared que tenga mayores pérdidas.
De esta manera, podrá reforzarse la franja de 0,5 m a 0,6 m de panel más cercano al cerramiento exterior disminuyendo el paso entre espiras cuidando que no se supere la temperatura máxima admisible por cable.
Se recomienda, cuando sea posible, alejar el cable calefactor, particularmente los del suelo, 0,6 m de la paredes interiores donde pueda preverse la instalación de muebles.
El cable calefactor deberá estar recubierto en toda su extensión por un material que sea un conductor térmico relativamente bueno como yeso, hormigón, cal, etc., para favorecer la transmisión del calor.

3.4. Fijación de los cables calefactores
El cable calefactor se fijará por medio de distanciadores no metálicos, colocados en las extremidades donde el cable cambia de dirección.

El distanciador será de material resistente a la corrosión y que no pueda producir daños al aislamiento del cable. El radio de curvatura de los cables no deberá ser inferior a 6 veces el diámetro exterior de los mismos, cuando estos no tengan armadura, y a 10 veces cuando tengan armadura.

3.5 Relación con otras instalaciones

El elemento calefactor deberá instalarse lo más lejos posible de los cables eléctricos de distribución para la fuerza y alumbrado, para que estos no reciban calor. En otro caso debe calcularse la temperatura de servicio de los circuitos de fuerza y alumbrado teniendo en cuenta el calor emitido por los elementos calefactores, y adoptar la sección adecuada en función del tipo de cable y de lo indicado en la UNE 20460-5-523.

4. PARTICULARIDADES PARA INSTALACIONES EN EL SUELO DE LOS CABLES CALEFACTORES

La temperatura de los cables calefactores no deberá ser superior, en las condiciones de utilización previstas, a los límites fijados en las normas del cable aislado de que se trate UNE-21155-1.

La capacidad térmica de los materiales situados en la superficie del aislamiento térmico y la superficie emisora será inferior a 120 kJ/m^2 K (29 kcal/m^2 ºC).

4.1. Colocación

Los cables colocados en el suelo, estarán embebidos en el mortero u hormigón. De existir una primera capa de hormigón esta podrá ser del tipo aislante. La segunda capa de hormigón, de tipo no aislante, deberá tener un espesor mínimo de 30 mm y será en la que se empotrarán los cables calefactores.

El fraguado del hormigón no podrá acelerarse con el elemento calefactor, aunque sí su secado.

Además del material aislante que se instale sobre el forjado, deberá colocarse, en todo el perímetro del local, un zócalo aislante de espesor igual o superior a 1 cm, con una altura igual a la capa de mortero u hormigón en la que esté embebido el elemento calefactor.

En caso de posible humedad, el material aislante deberá ir provisto de una barrera contra la humedad en su parte inferior; si existiese peligro de condensaciones también de una barrera anti-vapor.

El contorno de los cables estará situado a una distancia mínima de 0,2 m de todas la paredes exteriores del local.

5. PARTICULARIDADES PARA INSTALACIONES DE CABLES CALEFACTORES EN EL TECHO

Tratándose de sistemas de calefacción directa, es necesario reducir la masa de materiales de construcción calentada por el cable

La capacidad térmica de los materiales situados entre la superficie del aislamiento térmico y la superficie emisora será inferior a 180 KJ/m^2 K(43 Kcal/m^2 ºC).

5.1. Colocación

La altura mínima de los locales acondicionados por este sistema será de 3,5 m.

El contorno de los cables calefactores instalados en el techo tendrá una distancia mínima de 0,4 m respecto a las paredes exteriores y de 0,2 m respecto a las paredes interiores.

Los eventuales puntos luz en el techo, incluida la luminaria si es encastrable, deberá tener a su alrededor un espacio libre de 0,1 m por lo menos.

Los elementos colocados en el techo estarán embebidos en la capa de recubrimiento que será como mínimo de 15 a 20 mm de espesor, y se aplicará en sentido paralelo a los cables. Se cuidará mucho que no se formen bolsas de aire en el recubrimiento en contacto con el cable.

6. CONTROL

El termostato de control de las condiciones ambientales se situará preferentemente sobre una pared interior, a 1,5 m del suelo y no deberá estar expuesto a la radiación bien sea solar, de lámparas, de electrodomésticos, etc., ni a corriente de aire procedentes de puertas, ventanas o ventiladores. El diferencial de temperatura del termostato no deberá ser superior a 1,5 k.

Si la intensidad de corriente del elemento calefactor fuera superior al poder de corte del termostato o si el circuito fuera trifásico, el termostato actuará sobre la bobina de un contactor de poder de corte suficiente situado en el cuadro de distribución aguas abajo del interruptor automático.

En locales de grandes dimensiones el proyectista justificará la colocación de más de un termostato tratando, en cualquier caso de optimizar el consumo energético.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MUEBLES. ITC-BT-49

1. OBJETOS Y CAMPOS DE APLICACIÓN

El objeto de la presente Instrucción es determinar los requisitos de las instalaciones eléctricas en los muebles y elementos de mobiliario.

Las prescripciones de esta Instrucción son aplicable a:

– Muebles de toda clase, incluidos los muebles de despacho, mostradores, expositores, paneles fijos o móviles y análagos.

– Muebles, espejos y elementos de cuarto de baño en locales que contengan una bañera o ducha.

Los receptores que se utilicen en dichas instalaciones cumplirán los requisitos de las Directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el articulo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. A estos efectos cualquier mueble comercializado con un equipo

eléctrico montado en él (por ejemplo, luminaria, interruptor, base de toma de corriente, etc.) se considerará como un receptor.

2. MUEBLES NO DESTINADOS A INSTALARSE EN CUARTOS DE BAÑO

Se incluyen en este aparato las mesas, camas, armarios, aparadores, muebles de televisión, muebles de cocina, paneles de despacho (incluidos los tabiques móviles y amovibles), y en general muebles no situados en cuartos de baño o locales que contengan una bañera o ducha en los cuales se colocan equipos eléctricos, tales como luminarias, bases de toma de corriente, dispositivos de mando, interruptores, etc.

2.1. Aspectos generales

Los equipos y accesorios eléctricos que se coloquen en los elementos de mobiliarío, estarán situados teniendo en cuenta las solicitaciones mecánicas y térmicas a las que pueden estar sometidos así como a los riesgos de incendio que puedan provocar. En particular las luminarias para instalaciones en superficies inflamables (madera, tela, etc...) deben estar marcadas con el simbolo F, según la norma UNE-EN 60598-1.
Cuando la potencia disipada por los equipos eléctricos pueda producir temperaturas excesivas en un espacio cerrado, deberá instalarse un interruptor accionado por el cierre de la puerta de tal manera que equipos queden fuera de servicio cuando la puerta esté cerrada (por ejemplo, las luminarias instaladas en las camas plegables).

2.2. Canalizaciones

Los cables se podrán colocar en tubos, canales protectoras o bien conducidos dentro de un canal realizado durante la construcción del elemento de mobiliario. La instalación de tubos y canales tiene que ser conforme a lo indicado en la ITC-BT-21.
Los cables a instalar dentro de un mueble y hasta su conexión con la instalación interior del local o vivienda serán:
– Cables flexibles aislados con goma (equivalente, como mínimo, al tipo H = 5RR-F).
– Cables flexibles aislados con policloruro de vinilo (PVC) (equivalentes como mínimo, al tipo H = 5W-F).

2.3. Sección de los conductores

La mínima sección de los conductores será de:
– 0,75 mm^2 de cobre para instalación de alumbrado exclusivamente y con conductores flexibles si la longitud entre la conexión la instalación fija del local o vivienda y el aparato más alejado contenido en el mueble no es superior a 10 m y si éste no lleva ninguna base de toma de corriente.
– 1,5 mm^2 de cobre, flexible o rígido, en los demás casos si no hay bases de toma de corriente.
– 2,5 mm^2 de cobre, flexible o rígido, en cualquier caso, si hay bases de toma de corriente.

2.4. Protección mecánica de los cables

Los cables deben estar convenientemente protegidos contra todo daño y en especial contra la tracción y torsión, para lo cual se colocarán dispositivos antitracción en los puntos de penetración de los aparatos y próximos a las conexiones.

Los cables estarán fijados a las paredes de los muebles y en los extremos de los vanos existentes.

2.5. Conexiones

Las conexiones deben efectuarse mediante tomas de corriente o bornes situados en cajas con grado de protección mínimo IP 3X y cuya tapa sólo pueda ser abierta con la ayuda de una llave o de un útil.

Las cajas deben estar colocadas de tal manera que estén protegidas contra todo daño mecánico.

3. MUEBLES EN CUARTOS DE BAÑO

Para las instalaciones de muebles con equipo eléctrico en cuartos de baño o aseo o locales que contengan una bañera o ducha, se tendrán en cuenta los volúmenes y prescripciones definidas en la ITC-BT-27.

Para la conexión a la instalación fija, los muebles deben llevar una caja de conexión con bornes fija, independientemente de cual sea su equipo eléctrico. Los dispositivos de conexión de los conductores exteriores de la instalación de la edificación no deberán usarse para la conexión de conductores internos. Dicha caja de conexión con bornes deben ser accesibles únicamente después de retirar una tapa o cubierta con la ayuda de una herramienta. El borne de tierra, si existe, estará identificado con su símbolo normalizado correspondiente y se conectará a la instalación de tierra del edificio.

Los muebles con equipo eléctrico para instalarse en cuartos de baño o aseo deberán ser fijos.

INSTALACIONES DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, GESTIÓN TÉCNICA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS. ITC-BT-51

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta instrucción establece los requisitos específicos de la instalación de los sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios, también conocidos como sistemas domóticos.

El campo de aplicación comprende las instalaciones de aquellos sistemas que realizan una función de automatización para diversos fines, como gestión de la energía, control y accionamiento de receptores de forma centralizada o remota, sistemas de emergencia y seguridad en edificios, entre otros, con excepción de aquellos sistemas independientes e instalados como tales, que puedan ser considera-

dos en su conjunto como aparatos, por ejemplo, los sistemas automáticos de elevación de puertas, persianas, toldos, cierres comerciales, sistemas de regulación de climatización, redes privadas independientes para transmisión de datos exclusivamente y otros aparatos, que tienen requisitos específicos recogidos en las Directivas europeas aplicables conforme a lo establecido en el artículo 6 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
Quedan excluidas también las instalaciones de redes comunes de telecomunicaciones en el interior de los edificios y la instalación de equipos y sistemas de Telecomunicaciones (ICT), aprobado por el R.D. 279/1999.
Igualmente están excluidos los sistemas de seguridad reglamentados por el Ministerio del Interior y Sistemas de Protección contra Incendios, reglamentados por el Ministerio de Fomento (NBE-CPI) y el Ministerio de Industria y Energía (RIPCI).
No obstante, a las instalaciones excluidas anteriormente, cuando formen parte de un sistema más complejo de automatización, gestión de la energía o seguridad de viviendas o edificios, se les aplicarán los requisitos de la presente Instrucción además los requisitos específicos reglamentarios correspondientes.

2. TERMINOLOGÍA

Sistemas de Automatización, Gestión de la Energía y Seguridad para Viviendas y Edificios: son aquellos sistemas centralizados o descentralizados, capaces de recoger información proveniente de unas entradas (sensores o mandos), procesarla y emitir ordenes a unos actuadores o salidas, con el objeto de conseguir confort, gestión de la energía o la protección de personas animales y bienes.
Estos sistemas pueden tener la posibilidad de accesos a redes exteriores de comunicación, información o servicios, como por ejemplo, red telefónica conmutada, servicios INTERNET, etc.
Nodo: cada una de las unidades del sistema capaces de recibir y procesar información comunicando, cuando proceda contra unidades o nodos, dentro del mismo sistema.
Actuador: es el dispositivo encargado de realizar el control de algún elemento del Sistema, como por ejemplo, electroválvulas (suministro de agua, gas, etc.), motores (persianas, puertas, etc.), sirenas de alarma, reguladores de luz, etc.
Dispositivo de entrada: sensor, mando a distancia, teclado u otro dispositivo que envía información al nodo.
Los elementos definidos anteriormente pueden ser independientes o estar combinados en una o varias unidades distribuidas.
Sistemas centralizados: sistema en el cual todos los componentes se unen a un nodo central que dispone de funciones de control y mando.
Sistema descentralizado: sistema en que todos sus componentes comparten la misma línea de comunicación, disponiendo cada uno de ellos de funciones de control y mando.

3. TIPOS DE SISTEMAS

Los sistemas de Automatización, Gestión de la energía y Seguridad, considerados en la presente instrucción, se clasifican en los siguientes grupos:
– Sistemas que usan en todo o en parte señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de Baja Tensión, tales como sistemas de corrientes portadoras.
– Sistemas que usan en todo o en parte señales transmitidas por cables específicos para dicha función, tales como cables de pares trenzados, paralelo, coaxial, fibra óptica.
– Sistemas que usan señales radiadas, tales como ondas de infrarrojo, radiofrecuencia, ultrasonidos, o sistemas que se conectan a la red de telecomunicaciones.
Un sistema domótico puede combinar varios de los sistemas anteriores, debiendo cumplir los requisitos aplicables en cada parte del sistema. La topología de la instalación puede ser de distintos tipos, tales como, anillo, árbol, bus o lineal, estrella o combinaciones de éstas.

4. REQUISITOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Todos los nodos, actuadores y dispositivos de entrada, deben cumplir, una vez instalados, los requisitos de Seguridad y Compatibilidad Electromagnética que le sean de aplicación, conforme a lo establecido en la legislación nacional que desarrolla la Directiva de Baja Tensión (73/23/CEE) y la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (89/336/CEE). En el caso de que estén incorporados en otros aparatos se atenderán, en lo que sea aplicable, a los requisitos establecidos para el producto o productos en los que vayan a ser integrados.
Todos los nodos, actuadores y dispositivos de entrada que se instalen en el sistema, deberán incorporar instrucciones o referencias a las condiciones de instalación y uso que deban cumplirse para garantizar la seguridad y compatibilidad electromagnética de la instalación, como por ejemplo, tipos de cable a utilizar, aislamiento mínimo, apantallamientos, filtros y otras informaciones relevantes para realizar la instalación. En el caso de que no se requieran condiciones especiales de instalación, esta circunstancia deberá indicarse expresamente en las instrucciones.
Dichas instrucciones se incorporarán en el proyecto de memoria técnica de diseño, según lo establecido en la ITC-BT-04.
Toda instalación nueva, modificada o ampliada de un sistema de automatización, gestión de la energía y seguridad deberá realizarse conforme a lo establecido en la presente Instrucción y lo especificado en las instrucciones del fabricante, anteriormente citadas.
En lo relativo a la Compatibilidad Electromagnética, las emisiones voluntarias de señal, conducidas o radiadas, producidas por las instalaciones domóticas para su funcionamiento, serán conformes a las normas de armonizadas aplicables y, en ausencia de tales normas, las señales voluntarias emitida en ningún caso superarán los niveles de inmunidad establecidos en las normas aplicables a los aparatos que se prevea puedan ser instalados en el entorno

del sistema, según el ambiente electromagnético previsto. Cuando el sistema domótico esté alimentado por muy baja tensión, o la interconexión entre nodos y dispositivos de entrada de este realizada en muy baja tensión, las instalaciones e interconexiones entre dichos elementos seguirán lo indicado en la ITC-BT-36.
Para el resto de los casos, se seguirán los requisitos de instalación aplicables a las tensiones ordinarias.

5. CONDICIONES PARTICULARES DE INSTALACIÓN

Además de las condiciones generales establecidas en el apartado anterior, se establecen los siguientes requisitos particulares.

5.1. Requisitos para sistemas que usan señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de baja tensión

Los nodos que inyectan en la instalación de baja señales de 3 kHz hasta 148,5 kHz cumplirán lo establecido en la norma UNE-EN 50065-1 en lo relativo a compatibilidad electromagnética. Para el resto de frecuencias se aplicará la norma armonizada en vigor y en su defecto se aplicará lo establecido en el apartado 4.

5.2. Requisitos para sistemas que usan señales transmitidas por cables específicos para dicha función

Sin perjuicio de los requisitos que los fabricantes de nodos, actuadores o dispositivos de entrada establezcan para la instalación, cuando el circuito que transmite la señal transcurra por la misma canalización que otro de baja tensión, el nivel de aislamiento de los cables del circuito de señal será equivalente a los de los cables del circuito de baja tensión adyacente, bien en un único o en varios aislamientos.
Los cables coaxiales y los pares trenzados usados en la instalación serán de características equivalentes a los cables de las normas de la serie EN 61196 y IEC 60189-2.

5.3. Requisitos para sistemas que usan señales radiadas

Adicionalmente, los emisores de los sistemas que usan señales de radiofrecuencia o señales de telecomunicación, deberán cumplir la legislación nacional vigente del "Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias de Ordenación de las Telecomunicaciones".

© **Schneider Electric España, S.A.**

Bac de Roda, 52, edificio A
08019 Barcelona
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
http://www.schneiderelectric.es

Volumen 5.1

Primera edición: diciembre de 2007

Impreso en España - Printed in Spain

Depósito legal: B. 55.807 - 2007

ISBN: 84-612-1166-1

Preimpresión e impresión: Tecfoto, S.L. Ciutat de Granada, 55. 08005 Barcelona.

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley. Queda prohibida la reproducción, total o parcial, su distribución pública, en todo o en parte, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización, por escrito, del editor.



En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios.

Schneider Electric España, S.A.

Bac de Roda, 52, edificio A
08019 Barcelona
Tel.: 93 484 31 00
Fax: 93 484 33 07
http://www.schneiderelectric.es

miembro de:

voltimum
www.voltimum.es
El Portal de la instalación Eléctrica

600027 L07